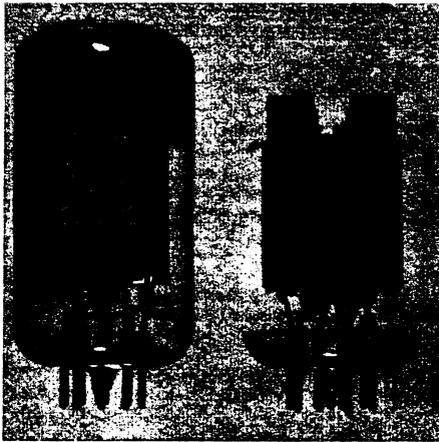


Die neue Leistungspentode EL 503 für NF-Endstufen

Als Nachfolgetyp der im Jahre 1948 entwickelten Leistungspentode EL 34 hat Valvo eine neue 27,5-W-Endpentode mit der Typenbezeichnung EL 503 in das Vertriebsprogramm aufgenommen. Die Röhre ist in Allglastechnik mit Magnovalsockel ausgeführt. Die Berücksichtigung jüngster Fortschritte in der Röhrentechnologie, besonders die Anwendung einer neuartigen Steuergitterkonstruktion bei der EL 503, ermöglicht den Aufbau von Gegentakt-Endstufen mit kleinen Abmessungen und niedrigen Speise- und Steuerspannungen. Dadurch ergeben sich Einsparungen beim Stromversorgungsteil und beim Ausgangsübertrager.



eine bestimmte Strahlungsfläche erforderlich ist, wurden deren Querabmessungen und damit der Kolbendurchmesser von 33 mm auf 40 mm vergrößert. Die geringe Einbauhöhe der Röhre von nur 76 mm wurde schließlich durch Verlegung des Pumpstutzens zwischen die Sockelstifte erreicht (Bild 1). Besondere Beachtung verdient die ungewöhnliche Ausbildung des Steuergitters (Bild 2).

Die Schattenstellung eines üblichen Spannungsgitters (im allgemeinen mit dünnen Drähten und kleinen Steigungen) mit einem Reckgitter ist praktisch kaum zu verwirklichen. Für die Röhre EL 503 wurde deshalb

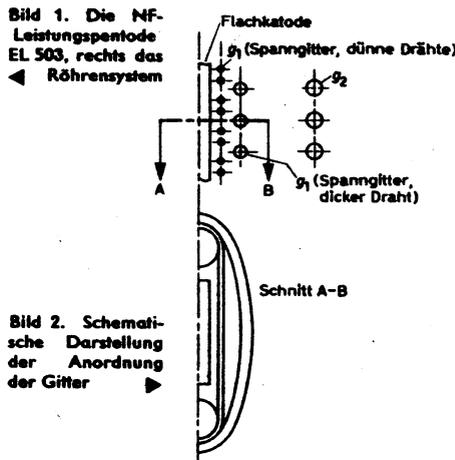


Bild 2. Schematische Darstellung der Anordnung der Gitter

Bei Leistungspentoden ist die sichere Beherrschung der Schirmgitterverlustleistung während der Lebensdauer besonders schwierig. Vom Röhrenentwickler wird daher ein großes Stromverteilungsverhältnis I_a/I_{g2} bei niedriger Schirmgitterspannung angestrebt. Beide Anforderungen sind bei der Röhre EL 503 durch Schattenstellung von Schirmgitter und Steuergitter sowie durch entsprechende Dimensionierung der Elektroden weitgehend erfüllt worden. Das Steuergitter ist zum Erreichen einer großen Steilheit ($S = 23 \text{ mA/V}$) als Spannungsgitter, das Schirmgitter mit Rücksicht auf eine wirtschaftliche Lösung als konventionelles Reckgitter ausgeführt. Die Schattenstellung wird durch die besondere Ausführung des Steuergitters in Verbindung mit dem in üblicher Art ausgebildeten Schirmgitter erreicht.

Im folgenden wird der Aufbau der Röhre beschrieben, und ihre wichtigsten Daten werden mitgeteilt. Als Anwendungsbeispiel wird ein Gegentakt-AB-Verstärker angeführt, der bei 265 V Anodenspannung und $U_{i \text{ eff}} = 0,2 \text{ V}$ Eingangsspannung 30 W Ausgangsleistung an den Außenwiderstand $R_{aa} = 2,4 \text{ kOhm}$ bei etwa 1% Klirrrgrad liefern kann.

1. Aufbau der Röhre

Im Hinblick auf größere mechanische Elektrodenstabilität (Mikrofonie) und erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen thermische Wechselbeanspruchungen (Lebensdauer) ist die Systemlänge der Röhre EL 503 mit 30 mm um etwa 25% gegenüber ihrem Vorläufertyp verringert worden. Da bei unveränderter Belastung der Anode

ein spezielles Steuergitter entwickelt: Drei Drähte - zwei dünne ($15 \mu\text{m}$) und ein dickerer ($35 \mu\text{m}$) - werden mit einer Steigung von jeweils $720 \mu\text{m}$ gewickelt. Dieses dreigängig gewickelte Gitter wirkt sich auf die Stromsteuerung wie ein solches mit einer Steigung von $240 \mu\text{m}$ aus. Das Schirmgitter mit einer Steigung von $720 \mu\text{m}$ hat Schattenstellung zu dem dickeren Draht des Steuergitters. Die Schattenstellung von Gittern mit $720 \mu\text{m}$ Steigung macht keine Schwierigkeiten. Der dickere Draht des Steuergitters ist zur Verbesserung der Elektronenoptik schwach oval gewickelt. Der Abstand der dünnen Drähte von der Katode ist etwa $150 \mu\text{m}$, der des dickeren Drahtes etwa $250 \mu\text{m}$. Um den Einfluß der thermischen Gitteremission infolge Aufheizung durch die großflächige Katode kleinzuhalten, sind die Gitterdrähte vergoldet und unter anderem große Kühlfahnen an den Gitterstegen befestigt (Bild 1).

Um den Leistungsinnenwiderstand zu verkleinern, ist das Bremsgitter nicht wie bei der Röhre EL 34 als gewickeltes Gitter,

Tab. I. Kenndatenvergleich der Röhren EL 34 und EL 503

	EL 34	EL 503
U_a V	250	250
U_{g2} V	250	250
$-U_{g1}$ V	13,5	13,2
I_a mA	100	100
I_{g2} mA	14,9	8,5
S mA/V	11	23
r_a kOhm	15	7,3
μ_{g2}	11	13

sondern als Bündelungsrahmen ausgebildet. Die Röhre EL 503 gehört demnach zum Typ der „beam power“-Pentoden. Schließlich ist zu erwähnen, daß durch eine Bedeckung der Anode mit Nickeloxyd eine geringe Sekundärelektronenemission, das heißt eine weitere Verbesserung der Stromverteilung, erreicht wurde.

2. Datenvergleich der Röhren EL 34 und EL 503

In Tab. I sind die Kenndaten der Röhren EL 34 und EL 503 einander gegenübergestellt. Ein Vergleich der Werte für praktisch gleiche Arbeitspunkteinstellung zeigt, daß die Steilheit der neuen Röhre mit $S = 23 \text{ mA/V}$ mehr als doppelt so hoch und das Stromverteilungsverhältnis mit $I_a/I_{g2} = 12$ um etwa 75% höher liegt als bei der EL 34. Die Gitterwechselspannung für Vollaussteuerung ist demnach nur etwa halb so groß. Anode und Schirmgitter der EL 503 dürfen im Dauerbetrieb maximal mit 27,5 W beziehungsweise 6 W belastet werden. Der maximal zulässige Katodenstrom $I_{k \text{ max}} = 200 \text{ mA}$ ist um etwa 30% höher als bei der Röhre EL 34.

Vergleicht man schließlich die Betriebsdaten beider Röhrentypen für die im Datenblatt angegebene Gegentakt-AB-Einstellung, so zeigen sich die mit der EL 503 erreichten Verbesserungen sehr deutlich (Tab. II). Eine Endstufe mit $2 \times \text{EL 503}$ liefert bei einer Betriebsspannung von nur

Tab. II. Betriebsdaten der Röhren EL 34 und EL 503 für Gegentakt-AB-Betrieb

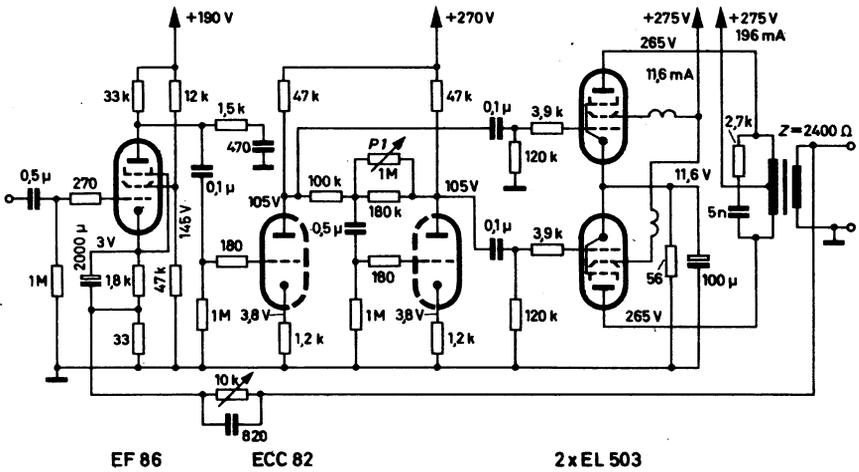
	EL 34	EL 503
R_{aa} kOhm	3,4	2,4
R_{g2} Ohm	470 ¹⁾	0
R_a Ohm	130 ¹⁾	50 ¹⁾
U_b V	375	265
U_{b2} V	375	265
$U_{i \text{ eff}}$ V	0	21
I_a mA	2×75	2×95
I_{g2} mA	$2 \times 11,5$	$2 \times 22,5$
P_o W	0	35
η_{ges} %	-	5

¹⁾ gemeinsamer Widerstand für beide Röhren

265 V und 11,5 V Steuerspannung 40 W Ausgangsleistung bei 5% Klirrrgrad an den Lastwiderstand von 2,4 kOhm. Die empfohlene Ausgangsimpedanz $R_{aa} = 2,4 \text{ kOhm}$ stellt das Optimum dar zwischen verfügbarer Nutzleistung und nichtlinearen Verzerrungen und ist um etwa 30% kleiner als bei einem entsprechenden, mit den Röhren EL 34 bestückten Verstärker. Damit kann bei unveränderter unterer Grenzfrequenz die Hauptinduktivität des Ausgangsübertragers verringert, also eine beträchtliche Kostenersparnis erreicht werden. Der Wirkungsgrad der Endstufe beträgt 50% und ist um 10% größer als bei der EL 34.

3. Schaltungsbeispiel

Bild 3 zeigt die Schaltung eines 30-W-Gegentakt-AB-Verstärkers mit zwei Röhren EL 503 in der Endstufe, der Eingangspentode EF 86 als Spannungsverstärker und der Zweifachtriode ECC 82 als Treiber-



EF 86

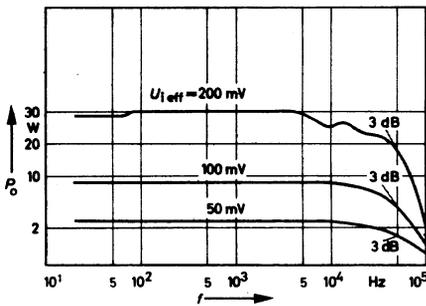
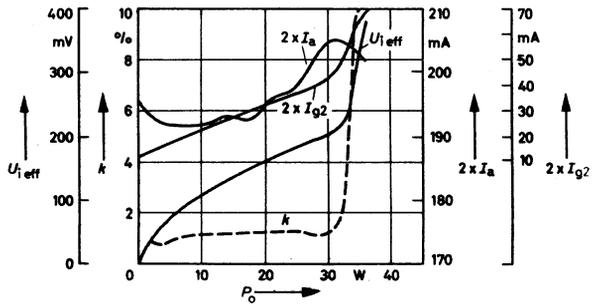
ECC 82

2 x EL 503

Bild 3. 30-W-Gegentakt-AB-Verstärker mit den Röhren EL 503 in der Endstufe (die angegebenen Spannungen sind bei kurzgeschlossenem Eingang gemessen)

Bild 4. Anoden- und Schirmgitterströme, Eingangsspannung und Klirrgrad der Schaltung nach Bild 3 in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung

Bild 5. Leistungsfrequenzgang der Schaltung nach Bild 3 bei verschiedenen Eingangsspannungen



und Phasenumkehrstufe. Die Endröhren werden mit 265 V Anodenspannung betrieben und liefern 30 W Ausgangsleistung bei einer Eingangsspannung von $U_{i\text{eff}} = 0,2 \text{ V}$; der Klirrgrad beträgt 1,2 %.

Mit dem Potentiometer $P1$ im Anodenkreis der Phasenumkehrstufe lassen sich die Steuerspannungen der Endröhren so einstellen, daß die durch geradzählige Harmonischen verursachten nichtlinearen Verzerrungen minimal werden. Auf diese Weise können geringe Unterschiede der Röhrenkennlinien ausgeglichen werden. Um hochfrequente Schwingungen der Endstufe zu unterdrücken, sind in die Schirmgitterleitungen der EL 503 kleine HF-Drosseln und vor die Gitter Widerstände von 3,9 kOhm geschaltet. Die Anwendung von Drosseln an Stelle von Widerständen in den Schirmgitterkreisen ist aus folgendem Grund empfehlenswert: Beim Übergang von Leerlauf auf Vollaussteuerung wächst der Schirmgitterstrom der Endröhren etwa um den Faktor 3 an. Um die verfügbare Ausgangsleistung nicht unnötig zu begrenzen, muß der Innenwiderstand der Schirmgitterspannungsquelle kleingehalten werden. Die gleiche Forderung trifft für den Anodenkreis zu. Serienwiderstände in Form von größeren ohmschen Wicklungswiderständen im Übertrager ergeben bei Aussteuerung in den B-Betrieb beträchtliche Leistungsverluste.

Um die Verzerrungen herabzusetzen, hat der Verstärker eine über alle Stufen wirksame Gegenkopplung von 20 dB. Die Gegenkopplungsschleife ist von der Sekundärwicklung des Ausgangsübertragers (8 Ohm) in den Katodenkreis der Röhre EF 86 geführt. Einer Instabilität des Verstärkers an der oberen Frequenzgrenze wirken drei RC-Glieder zur Korrektur des Amplituden- und Phasengangs in diesem Bereich entgegen. Der 820-pF-Kondensator in der Gegenkopplungsschleife und das RC-Glied (2,7 kOhm, 5 nF) über der Primärwicklung des Übertragers eliminieren den Einfluß seiner Streuinduktivität. Das Netzwerk (1,5 kOhm, 470 pF) im Anodenkreis der Eingangspentode setzt die Verstärkung für höhere Frequenzen herab. Eine Kontrolle der Übertragungseigenschaften des Verstärkers mit periodischen Rechteckimpulsen ermöglicht es, in einfacher Weise die erforderlichen Werte der Korrekturglieder zu bestimmen, deren Größe in starkem Maße von den Eigenschaften des Übertragers abhängt.

Im Bild 4 sind der Verlauf von Eingangsspannung, Schirmgitter- und Anodenstrom der Endröhren sowie der Klirrgrad in Abhängigkeit von der Ausgangsleistung dargestellt. Mit wachsender Ansteuerung bis zu $P_0 = 30 \text{ W}$ ändert sich der Klirrgrad nur wenig und beträgt etwa 1 %. Bei größeren Ausgangsleistungen steigen die Verzerrungen infolge Begrenzung durch die Endstufe stark an. Der Klirrgrad wird vorwiegend von der 4. und der 5. Harmonischen bestimmt. Die von der Endstufe tatsächlich abgegebene Nutzleistung ist größer als die verfügbare Ausgangsleistung. Bei $k = 1,5 \%$ beziehungsweise 5 % betragen die entsprechenden Nutzleistungen 40,6 W und 42 W.

Der Spannungsfrequenzgang des Verstärkers verläuft geradlinig zwischen 20 Hz und etwa 20 kHz, die 3-dB-Grenzfrequenzen des Leistungsfrequenzganges betragen 8 Hz und 50 kHz (Bild 5).