

VALVO

brief

BAUELEMENTE UND BAUSTEINE FÜR DIE ELEKTRONIK

29. MÄRZ 1973

NF-Leistungsverstärker mit BD 181, BD 182, BD 183

Die Silizium-NPN-Leistungstransistoren BD 181, BD 182 und BD 183 im Metallgehäuse JEDEC TO-3, 3 B 2 DIN 41872, wurden speziell für den Einsatz in den Endstufen von Hi-Fi-Leistungsverstärkern mit Ausgangsleistungen bis zu 40 W entwickelt. Diese robusten Zweiseitendiffusions-Typen weisen niedrige Kollektor-Emitter-Restspannungen bei hohen Kollektorströmen auf (typ. 0,5 V bei 3 A) und können daher unter guter Ausnutzung der jeweiligen Speisespannung hohe Ausgangsleistungen liefern. Für den Kollektor-Reststrom wird — bei einer Sperrschichttemperatur von 200 °C — ein Höchstwert von 5 mA garantiert, der typische Wert liegt bei 1 mA. Niedrige Restströme verbessern die thermische Stabilität der Endstufen. Die garantierte minimale Grenzfrequenz in Emitterschaltung ist 15 kHz, damit lassen sich große Leistungsbandbreiten erreichen. Mit der ebenfalls garantierten Stromverstärkungslinearität ergeben sich niedrige Klirrfaktoren auch ohne extrem starke Gegenkopplungen.

Bild 1 zeigt die Schaltung eines Hi-Fi-Leistungsverstärkers mit Quasi-Komplementär-Endstufe und Schutzschaltung, der in drei Versionen mit unterschiedlicher Bestückung für Nenn-Ausgangsleistungen von 15 W, 25 W und 40 W an 4 Ω dimensioniert wurde. Die jeweils zu verwendenden Bauelemente sind aus der Stückliste ersichtlich. Als Endtransistoren werden BD 181,

BD 182 oder BD 183 eingesetzt. Die Verstärker wurden so dimensioniert, daß in den Vor-, Treiber- und Endstufen keine selektierten Transistoren verwendet werden müssen. Die angegebenen Meßwerte wurden an Labormustern ermittelt, die mit nichtausgesuchten Transistoren bestückt waren.

Der zwischen den Basen der Treibertransistoren liegende Transistor T_2 stabilisiert die Ruhestrome der Treiberstufe und der Endstufe gegen Schwankungen der Speisespannung und der Umgebungstemperatur; er ist am Rand des Kühlelements der Endtransistoren anzuordnen.

Der Transistor T_{11} ist bei der 25 W- und der 40 W-Version notwendig, um den Klirrfaktor unter der 0,1%-Grenze zu halten. Ohne T_{11} würde der niedrige Eingangswiderstand des Vortreibertransistors T_3 den Arbeitswiderstand der Eingangsstufe (T_1) stark herabsetzen und ihre Verstärkung vermindern. Dadurch würde die Schleifenverstärkung und damit die Gegenkopplung zu gering, und der Klirrfaktor würde erhöht. Bei der 15 W-Version kann T_{11} entfallen.

Die Schutzschaltung mit den Transistoren T_8/T_{10} und T_9 verhindert eine Überlastung der Endtransistoren bei Übersteuerung und Kurzschluß am Ausgang, indem die Basisströme der Treibertransistoren T_4 und T_5 über R_{15} , T_8/T_{10} bzw. R_{18} , T_9 abgeleitet werden. Die Ansprechschwelle kann



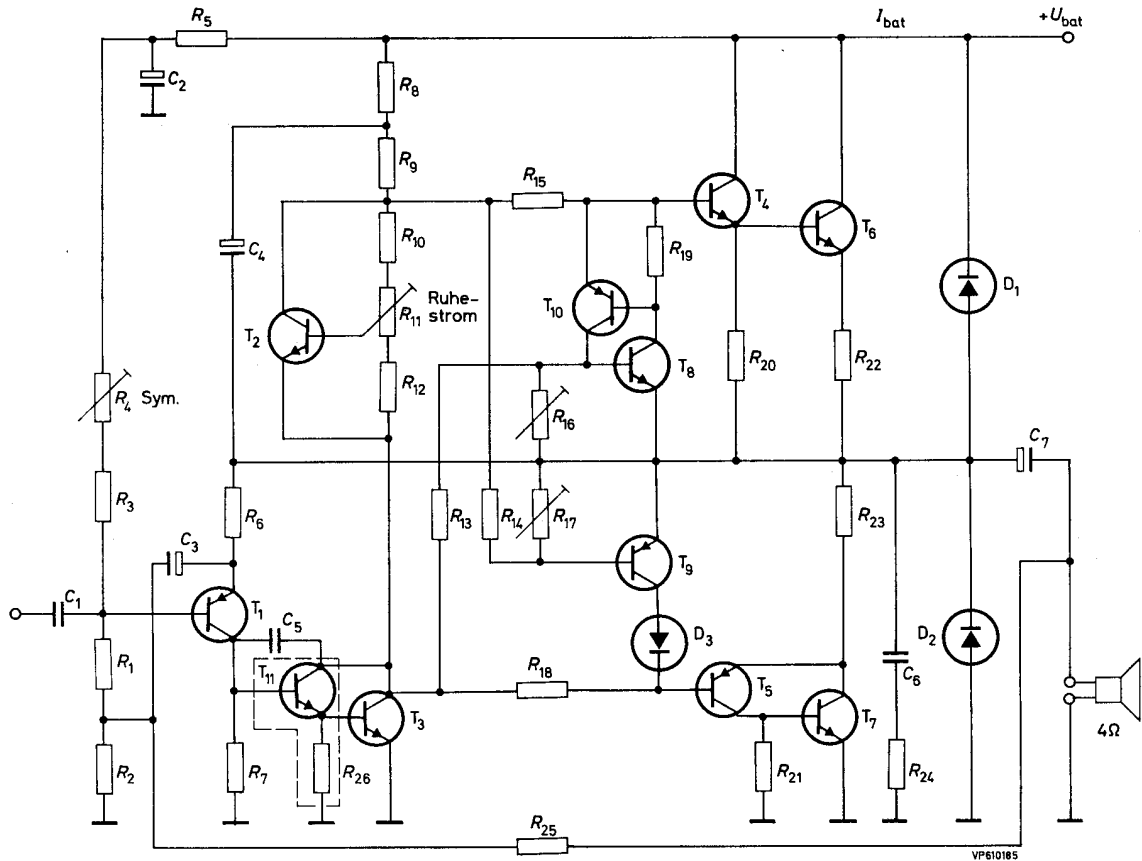


Bild 1. Hi-Fi-Leistungsverstärker mit Quasi-Komplementär-Endstufe und Schutzschaltung. Die für Nenn-Ausgangsleistungen von 15 W, 25 W und 40 W an 4 Ω einzusetzenden Bauelemente sind aus der Stückliste ersichtlich.

Bauelement	Verstärker-Version		
	15 W	25 W	40 W
T ₁	BC 308	BC 308	BC 308
T ₂	BC 238	BC 238	BC 238
T ₃	BC 237	BD 137	BD 139
R _{th} K 3	—	—	≤ 87 K/W
T ₄	BD 135	BD 137	BD 230
T ₅	BD 136	BD 138	BD 231
R _{th} K 4/5	—	—	≤ 52,5 K/W
T ₆	BD 181	BD 182	BD 183
T ₇	BD 181	BD 182	BD 183
R _{th} K 6/7	≤ 16 K/W	≤ 10 K/W	≤ 5 K/W
T ₈	BC 238	BC 238	BC 238
T ₉	BC 308	BC 308	BC 308
T ₁₀	BC 308	BC 308	BC 308
T ₁₁	—	BC 174	BC 174
D ₁ , D ₂ , D ₃	BA 145	BA 145	BA 145
R ₁	150 kΩ	150 kΩ	150 kΩ
R ₂	22 Ω	22 Ω	22 Ω
R ₃	150 kΩ	150 kΩ	100 kΩ
R ₄	47 kΩ	47 kΩ	47 kΩ
R ₅	27 kΩ	27 kΩ	27 kΩ
R ₆	1,5 kΩ	1,5 kΩ	1,5 kΩ
R ₇	1,2 kΩ	1 kΩ	1 kΩ
R ₈	470 Ω	470 Ω	330 Ω
R ₉	1,8 kΩ	1,8 kΩ	560 Ω
R ₁₀	1,5 kΩ	1,5 kΩ	1,5 kΩ
R ₁₁	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ
R ₁₂	820 Ω	820 Ω	820 Ω
R ₁₃ , R ₁₄	4,7 kΩ	4,7 kΩ	3,3 kΩ
R ₁₅ , R ₁₈	470 Ω	470 Ω	330 Ω
R ₁₆ , R ₁₇	4,7 kΩ	1 kΩ	1 kΩ
R ₁₉	330 Ω	120 Ω	120 Ω
R ₂₀ , R ₂₁	100 Ω	56 Ω	56 Ω
R ₂₂ , R ₂₃	0,5 Ω	0,5 Ω	0,5 Ω
R ₂₄	10 Ω	10 Ω	10 Ω
R ₂₅	1 kΩ	1 kΩ	1 kΩ
R ₂₆	—	1 kΩ	1 kΩ
C ₁	0,33 μF	0,33 μF	0,33 μF
C ₂	47 μF 40 V	47 μF 63 V	47 μF 63 V
C ₃	220 μF 25 V	220 μF 40 V	220 μF 40 V
C ₄	47 μF 40 V	47 μF 40 V	47 μF 40 V
C ₅	18 pF	100 pF	47 pF
C ₆	0,1 μF	0,1 μF	0,1 μF
C ₇	3 300 μF 40 V	3 300 μF 63 V	3 300 μF 63 V

VALVO BRIEF
29. MÄRZ 1973
SEITE 2

mit den Trimpotentiometern R_{16} und R_{17} eingestellt werden. Der zusätzliche Transistor T_{10} verbessert die Schalteigenschaften des oberen Schutzschaltungszweigs. Die Diode D_3 ist erforderlich, um den Transistor T_9 vor Inversbetrieb zu schützen, der bei größeren Ausgangsleistungen zu einer Erhöhung des Klirrfaktors führen würde.

Am Ausgang sind zusätzlich zwei schnelle Schalterdioden BA 145 zur Begrenzung von Überspannungen bei induktivem Abschluß eingesetzt. Das parallel zum Lautsprecher liegende Zobel-Glied C_8, R_{24} dient zur Stabilisierung des Verstärkers.

Bild 2 zeigt eine erprobte Leiterplatte für den Aufbau aller drei Versionen des Hi-Fi-Leistungsverstärkers nach Bild 1 in Stereo-Ausführung. Bild 3 zeigt den zugehörigen Bestückungsplan. Sofern die Transistoren Kühlelemente benötigen, sind die zulässigen Höchstwerte der Wärme-

widerstände für eine maximale Umgebungstemperatur von 45°C in der Stückliste angegeben.

Die Verstärker können mit einem einfachen, un-stabilisierten Netzteil betrieben werden. Die in der Tabelle zusammengestellten Betriebsdaten und Meßwerte der Labormuster in Stereo-Ausführung wurden bei Speisung aus einer für die jeweils erforderliche Speisespannung bemessenen Gleichrichterschaltung mit einem Brückengleichrichter B 80 C 5000/3000 und einem Lade-kondensator von $6000\ \mu\text{F}$ bei gleichzeitiger Aussteuerung beider Kanäle ermittelt. Der Ruhestrom der Endstufe wird mit R_{11} auf den angegebenen Wert, die Mittenspannung mit R_4 auf etwa $U_{\text{bat}}/2$ eingestellt. Da der genaue Wert von den Exemplarstreuungen der Transistoren abhängt, stellt man die Mittenspannung in der Praxis bei jedem Verstärker so ein, daß beide Halbwellen auf dem Oszillografen eine symmetrische Begrenzung zeigen.

VALVO BRIEF
29. MÄRZ 1973
SEITE 3

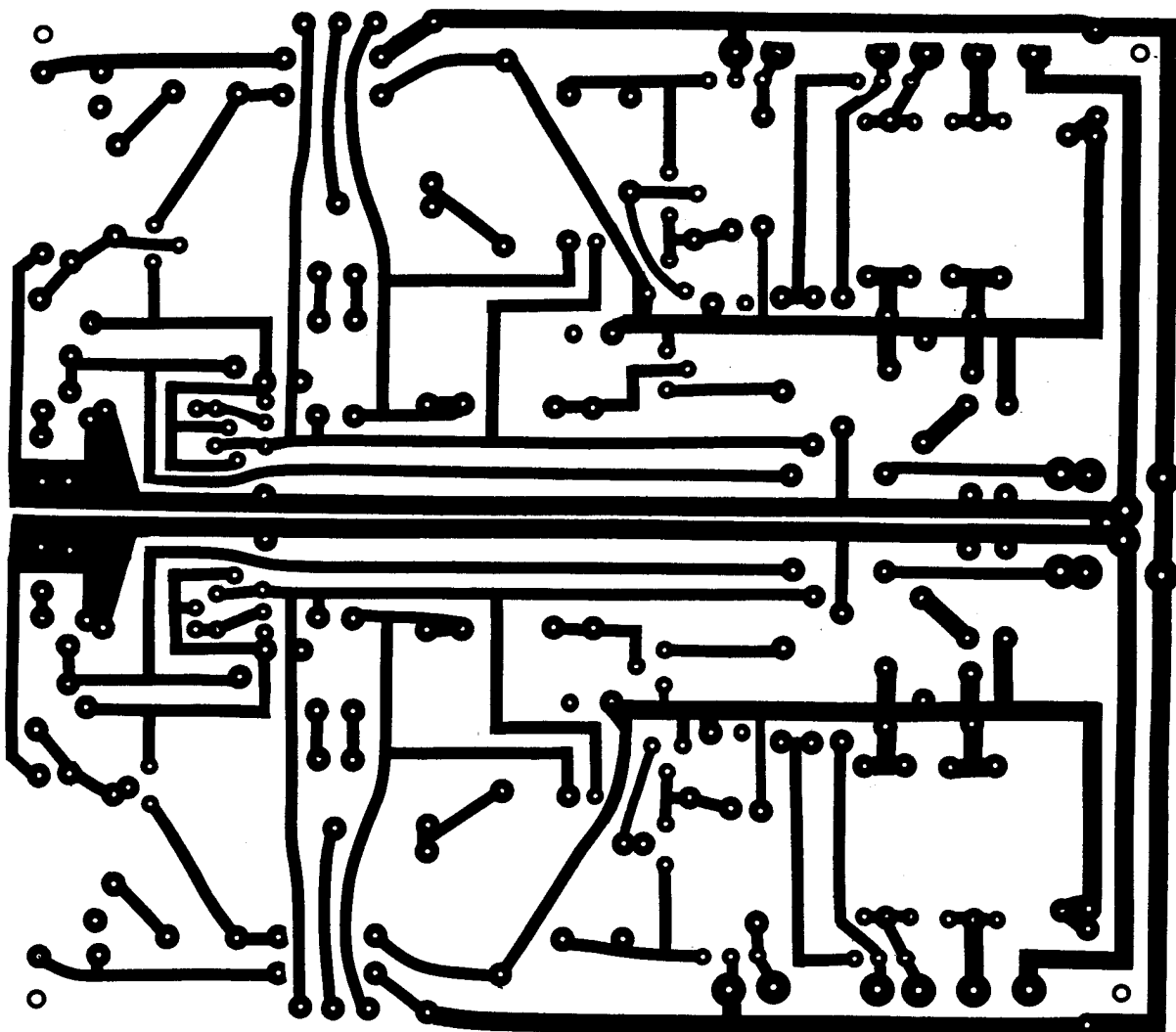
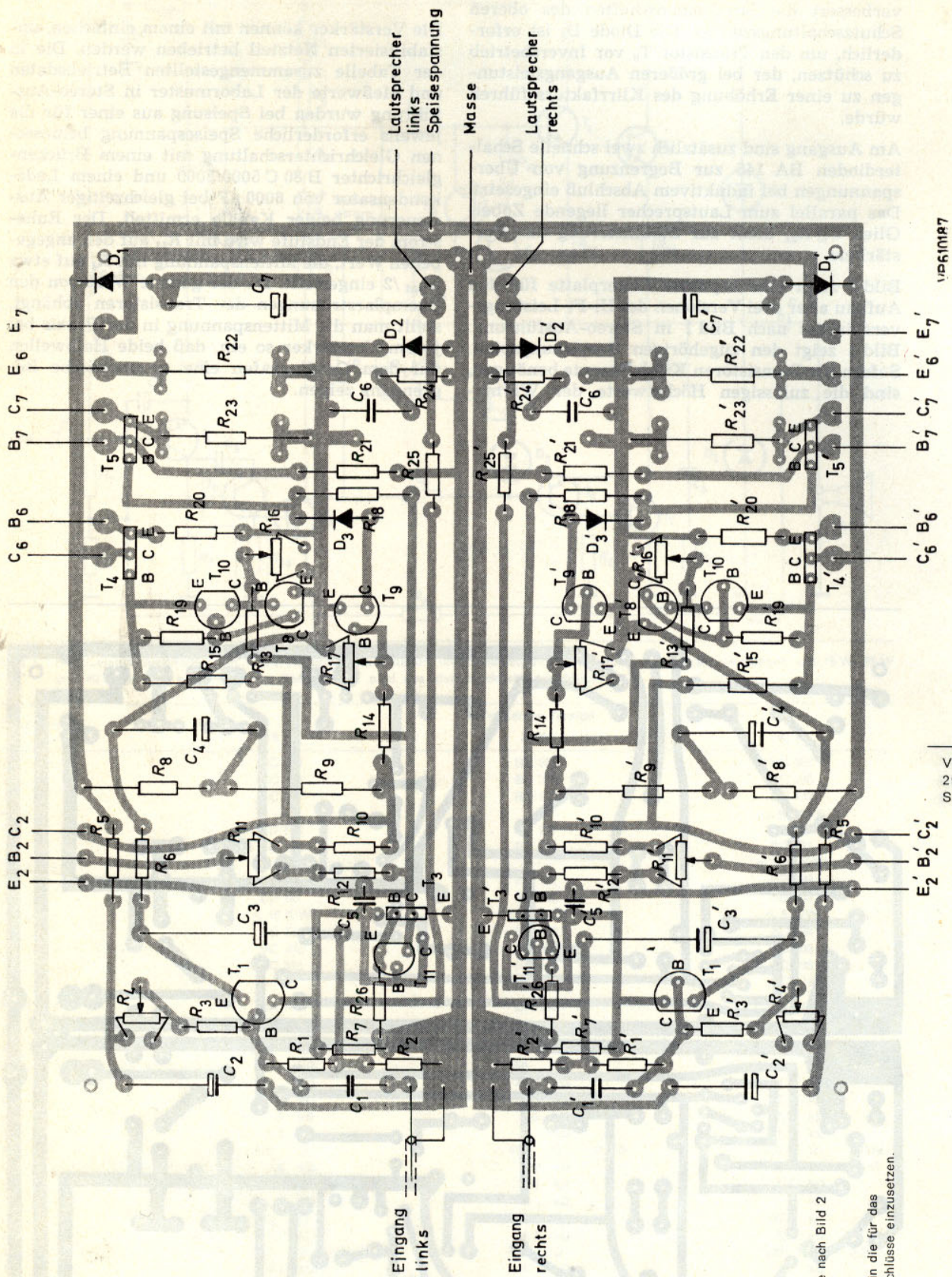


Bild 2. Leiterplatte für Hi-Fi-Leistungsverstärker nach Bild 1 in Stereo-Ausführung (Lötseite)



VALVO BRIEF
29. MÄRZ 1973
SEITE 4

Bild 3.
Bestückungsplan für die Leiterplatte nach Bild 2
(Bauteilseite)
Bei der 2x15W-Version entfallen
T₁₁ und T_{11'}, T₃ und T_{3'} sind dann in die für das
SOT-30-Gehäuse vorgesehenen Anschlüsse einzusetzen.

Einstellung der Schutzschaltung

Der obere Zweig der Schutzschaltung muß so eingestellt werden, daß er etwas früher als der untere Zweig anspricht. Dadurch wird die Gesamtstromaufnahme im Kurzschlußfall auf sehr kleine Werte reduziert. Die Schutzschaltung wird bei Aussteuerung eines Kanals wie folgt eingestellt:

1. Lastwiderstand 2Ω , 40 W an den Ausgang anschließen.
2. R_{16} und R_{17} auf 0Ω einstellen.
3. Eingangsspannung der Frequenz 1 kHz solange erhöhen, bis die Gesamtstromaufnahme $I_{\text{bat } 1}$ erreicht wird (siehe Tabelle).
4. Jetzt Widerstandswert von R_{17} so weit vergrößern, daß der untere Schutzschaltungszweig (T_9) anspricht und eine merkliche Reduzierung der Gesamtstromaufnahme erfolgt. Für die folgende Einstellung Basis und Emittter von T_9 kurzschließen. Einstellung des Trimpotentiometers R_{17} nicht mehr verändern.
5. Widerstandswert von R_{16} so weit vergrößern, daß der obere Schutzschaltungszweig (T_9/T_{10}) bei der Gesamtstromaufnahme $I_{\text{bat } 2}$ anspricht.

Ansprechwerte der Schutzschaltung	Verstärker-Version		
	15 W	25 W	40 W
$I_{\text{bat } 1}$	1,45 ... 1,55 A	1,7 ... 1,8 A	2 ... 2,1 A
$I_{\text{bat } 2}$	1,25 ... 1,3 A	1,5 ... 1,6 A	1,8 ... 1,9 A

VALVO BRIEF
29. MÄRZ 1973
SEITE 5

Betriebsdaten und Meßwerte

Die Meßwerte wurden an nach Bild 3 aufgebauten Stereo-Verstärkern bei gleichzeitiger Aussteuerung beider Kanäle ermittelt. Vollaussteuerung ist Aussteuerung auf die Nenn-Ausgangsleistung.

Nenn-Ausgangsleistung	Verstärker-Version		
	2 x 15 W	2 x 25 W	2 x 40 W
Ruhe-Speisespannung (ohne Signal)	39 V	47,5 V	57 V
Speisespannung bei Vollaussteuerung	33 V	40 V	49 V
Ruhestrom der Endstufe (ein Kanal)	30 mA	30 mA	50 mA
Gesamtstromaufnahme bei Vollaussteuerung (beide Kanäle)	1,78 A	2,16 A	2,9 A
Maximale Ausgangsleistung bei $f = 1 \text{ kHz}$, $k = 0,1 \%$	2 x 22 W	2 x 32 W	2 x 46 W
Eingangsspannung für $P_2 = 50 \text{ mW}$	16,5 mV	16,5 mV	16,3 mV
für Vollaussteuerung	286 mV	370 mV	460 mV
Eingangsscheinwiderstand	160 k Ω	180 k Ω	160 k Ω
Ausgangsscheinwiderstand	0,05 Ω	0,08 Ω	0,05 Ω
Spannungsverstärkung	28,6 dB	28,6 dB	28,8 dB
Gegenkopplung	44,6 dB	48 dB	54,2 dB
Übersprechdämpfung	94 dB	100 dB	94 dB
Fremdspannungsabstand bezogen auf $P_2 = 50 \text{ mW}$	57,5 dB	57,5 dB	57,5 dB
bezogen auf Vollaussteuerung	77,4 dB	80 dB	81,5 dB

Die Abhängigkeit des Klirrfaktors von der Ausgangsleistung, die Amplituden- und die Leistungsfrequenzgänge zeigen die Bilder 4 bis 12. Die Klirrfaktoren liegen bis zur Vollaussteuerung noch unter 0,1 %. Bei derart niedrigen

Klirrfaktoren wird jedoch die Meßunsicherheit so groß, daß es nicht sinnvoll ist, diese Werte anzugeben. Die in den Bildern 4, 7 und 10 angegebene 0,1%-Grenze läßt sich mit Sicherheit reproduzieren.

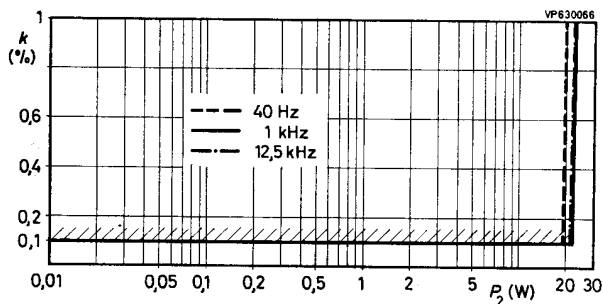


Bild 4. Klirrfaktor des 2x15W-Hi-Fi-Verstärkers mit Schutzschaltung

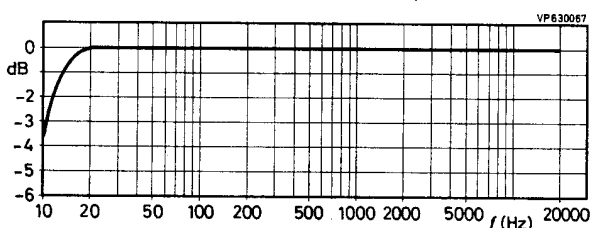


Bild 5. Frequenzgang des 2x15W-Hi-Fi-Verstärkers mit Schutzschaltung
0 dB \triangleq 3,85 W

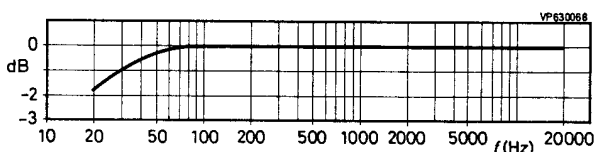


Bild 6. Leistungsfrequenzgang für $k = 1\%$ des 2x15W-Hi-Fi-Verstärkers mit Schutzschaltung
0 dB \triangleq 23 W

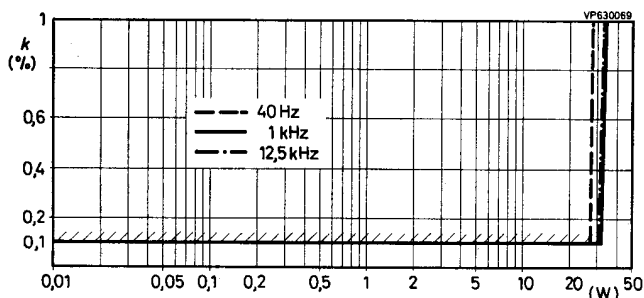


Bild 7. Klirrfaktor des 2x25W-Hi-Fi-Verstärkers mit Schutzschaltung

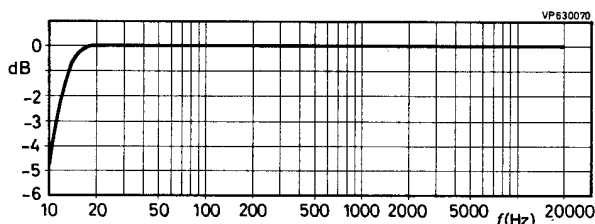


Bild 8. Frequenzgang des 2x25W-Hi-Fi-Verstärkers mit Schutzschaltung
0 dB \triangleq 6,25 W

VALVO BRIEF
29. MÄRZ 1973
SEITE 6

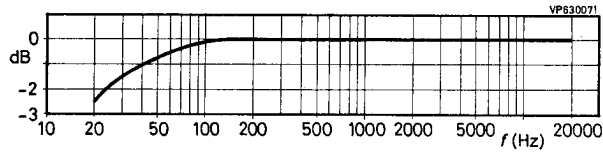


Bild 9. Leistungsfrequenzgang für $k = 1\%$ des $2 \times 25\text{W}$ -Hi-Fi-Verstärkers mit Schutzschaltung
 $0\text{ dB} \triangleq 34,8\text{ W}$

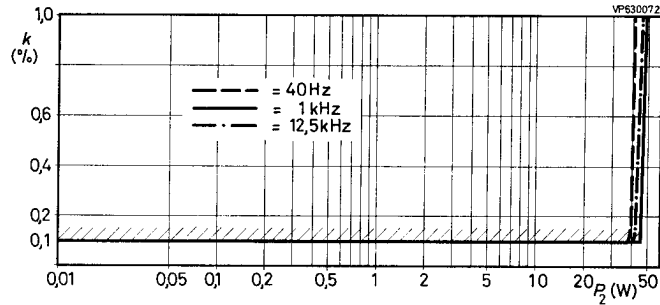


Bild 10. Klirrfaktor des $2 \times 40\text{W}$ -Hi-Fi-Verstärkers mit Schutzschaltung

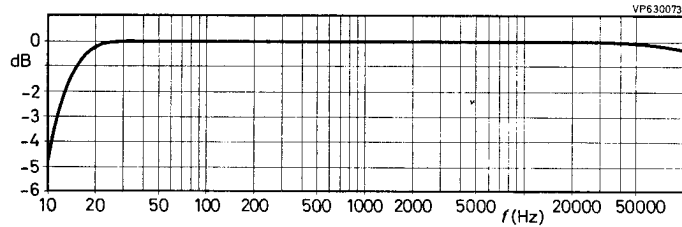


Bild 11. Frequenzgang des $2 \times 40\text{W}$ -Hi-Fi-Verstärkers mit Schutzschaltung
 $0\text{ dB} \triangleq 10\text{ W}$

VALVO BRIEF
 29. MÄRZ 1973
 SEITE 7

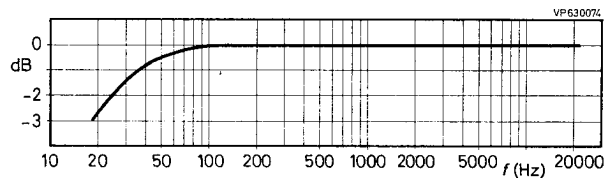


Bild 12. Leistungsfrequenzgang für $k = 1\%$ des $2 \times 40\text{W}$ -Hi-Fi-Verstärkers mit Schutzschaltung
 $0\text{ dB} \triangleq 50\text{ W}$

VALVO BRIEF
29. MÄRZ 1973
SEITE 8

Es wird keine Gewähr übernommen, daß die
in dieser Schrift angegebenen Schaltungen, Geräte, Maschinen,
Anlagen, Bauelemente, Baugruppen oder Verfahren
frei von Schutzrechten sind.

Ratschläge in den VALVO BRIEFEN
sind unverbindliche und keine Haftung begründende Empfehlungen.
Nachdruck, auch auszugsweise, ist nicht gestattet.

Herausgeber:
VALVO GmbH
2000 Hamburg 1, Burchardstraße 19