

Hi-Fi-Stereo-Verstärker „ES 707“

Der von Klein + Hummel entwickelte Hi-Fi-Stereo-Verstärker „ES 707“ gehört zu den Spitzenerzeugnissen des internationalen Hi-Fi-Marktes. Mit seiner Dauertonleistung von 2×90 W, dem hohen Bedienungskomfort und den flexibel ausgelegten Eingängen läßt sich dieser Verstärker universell einsetzen.

1. Eingänge und Vorverstärker

Kennzeichnend für fast den gesamten Vorverstärkeraufbau ist die Verwendung von nur zwei verschiedenen Baugruppen (Bild 1), die als Verstärkereinheiten mit zwei beziehungsweise drei Transistoren bestückt sind und mit unterschiedlicher Beschaltung im Gegenkopplungszweig an die verschiedenen

schiebbaren Abdeckung (Bild 2) angeordnet sind.

Signale, die dem Mikrofon- oder den Phonoeingängen zugeführt werden, durchlaufen die Entzerrervorverstärker „B-106“, deren Frequenzgang bei Phono-wiedergabe Bild 3 zeigt. Das den Frequenzgang bestimmende Gegenkopplungsnetzwerk liegt jeweils zwischen den Anschlußpunkten 4 und 9 des Bausteins. Bei Mikrofonbetrieb wird durch Kurzschließen der Kondensatoren C 2 und C 3 mit jeweils nur einem Schalterkontakt ein geradliniger Frequenzgang erreicht.

Die Ausgänge der Entzerrervorverstärker sowie die Eingangsgruppe Band 1, Band 2, Radio und Reserve werden über die zugehörigen Umschaltkontakte dem ersten Impedanzwandler-Baustein „B-114“ zugeführt, dessen Eingangsimpedanz rund 1 MOhm und dessen Ausgangsimpedanz nur wenige Ohm beträgt. Mit dieser im Verstärker „ES 707“ an verschiedenen Stellen ange-

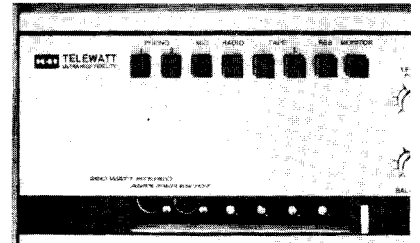
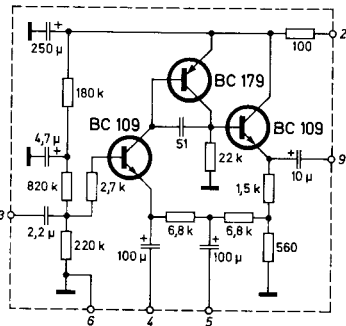
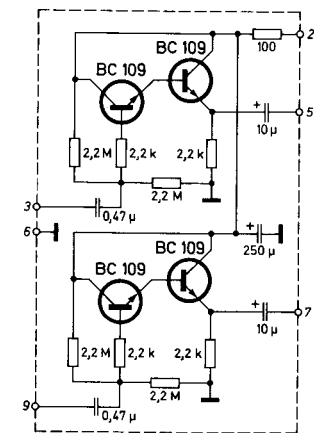


Bild 2. Pegelreglerfach bei geöffnetem Abdeckschieber



a)



b)

Bild 1. Schaltung der Vorverstärker-Baugruppen; a) Verstärkerbaustein „B-106“, b) Doppel-Impedanzwandler-Baustein „B-114“

Aufgaben angepaßt beziehungsweise als Impedanzwandler eingesetzt werden können. Mit dieser Konzeption läßt sich bei guter Wirtschaftlichkeit ein kompromißloser Verstärkeraufbau erreichen.

Bild 4 zeigt die vollständige Schaltung des Eingangsteils bis zum Pegelregler, die ihrerseits wieder eine Baugruppe bildet. Vier Eingänge (Phono 1 und 2, Band 1 und Reserve) sind mit Pegelvorreglern (P 1 bis P 4) ausgestattet, die zusammen mit den Eingangsbuchsen für Mikrofon und Band 2 auf der Frontseite des Geräts hinter einer ver-

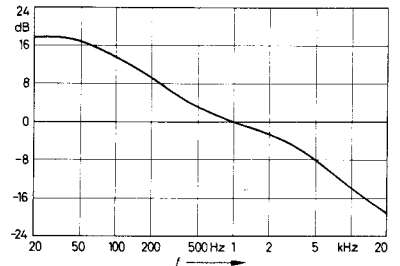


Bild 3. Phono-Entzerrerkennlinie des „ES 707“

Tab. I. Technische Daten des „ES 707“

Ausgangsleistung an 4 Ohm bei gleichzeitiger Aussteuerung beider Kanäle	2×90 W Sinusdauer-ton 2×125 W Musik
Dämpfungsfaktor	30 dB im Bereich 30 ... 20 000 Hz
Klirrfaktor bei Nennleistung im Bereich 20 ... 12 500 Hz	< 0,1 %
Intermodulation 90 W, 60/6000 Hz, 4 : 1 90 W, 250/8000 Hz, 4 : 1	< 0,15 % < 0,1 %
Leistungsbandbreite bei 1 % Klirrfaktor	10 ... 65 000 Hz
Frequenzbereich	20 ... 20 000 Hz \pm 0,5 dB
Fremdspannungsabstand, bezogen auf 50 mW Ausgangsleistung	
Radio	60 dB
Phono 1 und Phono 2 bei 3 mV	60 dB
Phono 1 und Phono 2 bei 1,9 mV	58 dB
Mikrofon	60 dB
bezogen auf Nennleistung	
Radio	85 dB
Phono 1 und Phono 2 bei 3 mV	65 dB
Phono 1 und Phono 2 bei 1,9 mV	63 dB
Mikrofon	74 dB
Übersprechdämpfung ab Eingang Radio	> 50 dB bei 1 kHz > 40 dB bei 30 ... 10 000 Hz
Eingänge	
Phono 1 } entzerrt nach CCIR	
Phono 2 }	
Mikrofon	1,9 ... 10 mV an 47 kOhm
Radio	1,9 ... 10 mV an 47 kOhm
Tonband 1	7 mV an 100 kOhm
Tonband 2	250 ... 1500 mV an 470 kOhm
Reserve	250 ... 1500 mV an 470 kOhm
Tonband-Monitor	250 mV an 470 kOhm 250 mV an 470 kOhm 250 mV an 470 kOhm
Klangregelung	
Tiefen (konstante Steilheit, Übergangsfrequenz variabel)	\pm 15 dB bei 40 Hz
Höhen (konstante Steilheit, Übergangsfrequenz variabel)	\pm 15 dB bei 10 000 Hz
Präsenz	\pm 9 dB bei 5000 Hz
Filter	
Tiefenfilter (Rumpeln)	60 Hz, 12 dB/Oktave
Höhenfilter (Rauschen)	9000 Hz, 12 dB/Oktave
Abmessungen und Gewicht	532 mm \times 160 mm \times 370 mm, 16 kg

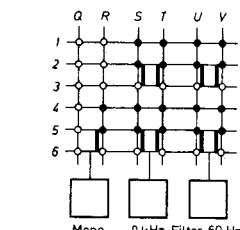
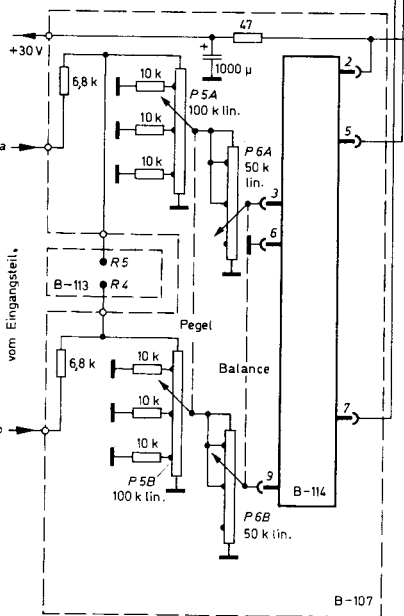
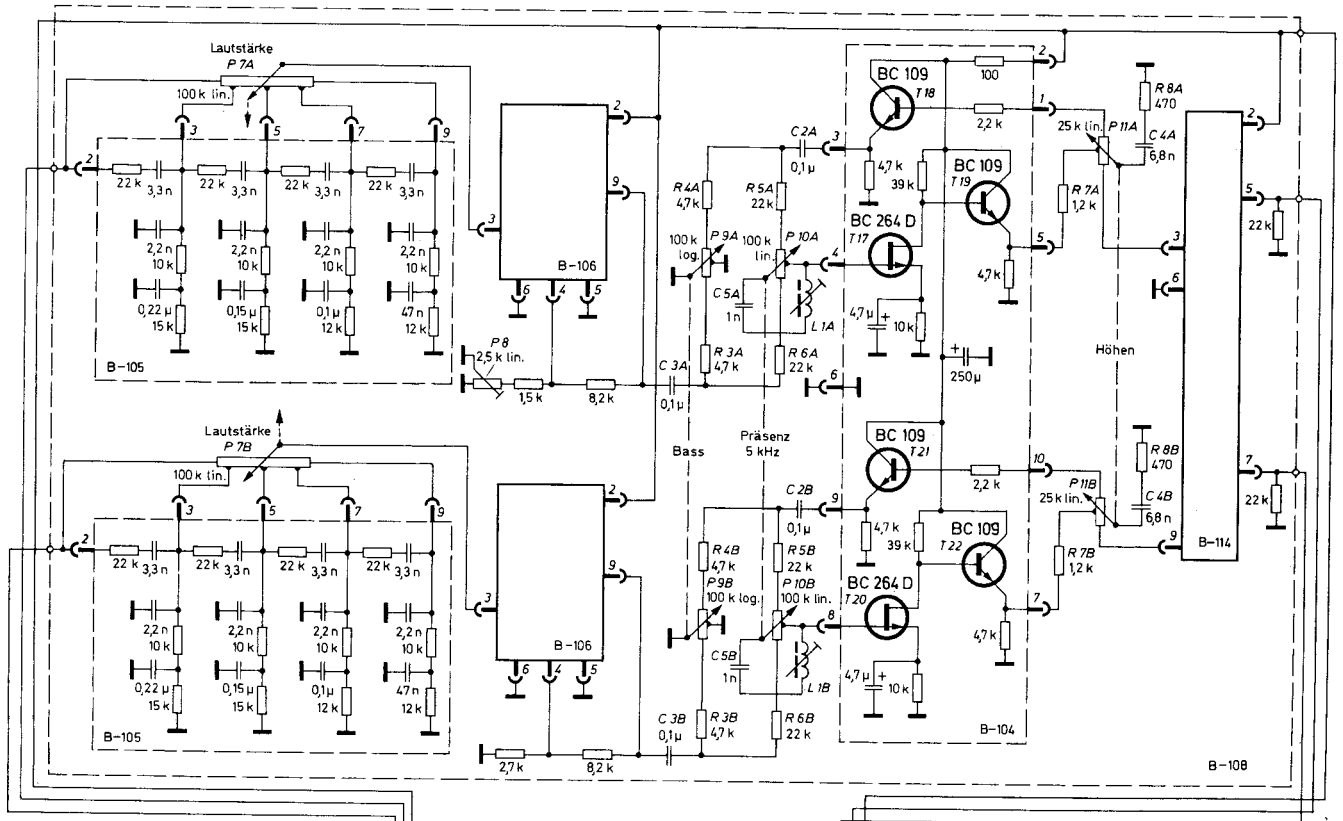


Bild 5. Lautstärke- und Klangbeeinflussungs-Baugruppen

Einfachheit halber nicht mehr wiederholt worden.

Auf den Pegelregler P 5, der durch seine reaktanzfreie Beschaltung an den Anzapfungen eine annähernd logarithmische, aber frequenzlineare Kennlinie hat, folgt der Balanceregler P 6. Seine Anzapfungen sind so geschaltet, daß zwei gegenläufige Halbregler entstehen. Ab Mittelstellung des Schleifers läßt sich jeder der beiden Kanäle bis zum Pegel Null dämpfen, während das Signal des jeweils anderen Kanals konstant bleibt. Da am Schleifer von P 5 wegen der hochohmigen Last an P 6 praktisch konstante Impedanzverhältnisse vorliegen, können sich die Regler gegenseitig nicht beeinflussen. Nach einem zur Entkopplung eingefügten Impedanzwandler-Baustein „B-114“ folgt das Netzwerk des für den Bereich 60 ... 100 phn gehörig entzerrten Lautstärkereglers P 7. Seine Frequenzgänge sind in Abhängigkeit von der Lautstärke im Bild 6 dargestellt. Bei dieser Dimensionierung kann man mit dem Pegelregler P 5 die Grundlautstärke so vorwählen, daß man mit P 7 im Bereich 60 ... 100 phn liegt. Dann erhält man eine einwandfreie Entzerrung entsprechend den Ohrempfindlichkeitskurven nach Fletcher und Munson und damit eine wirklich verfärbungsfreie Einstellbarkeit der Lautstärke. Zur Pegelanhebung folgt nun in jedem Kanal ein frequenzlinear arbeitender

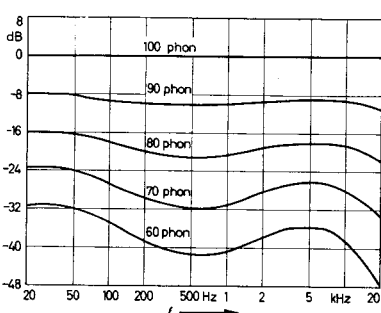


Bild 6. Kennlinien des gehörig entzerrten Lautstärkereglers P 7

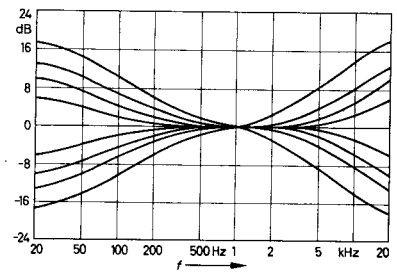
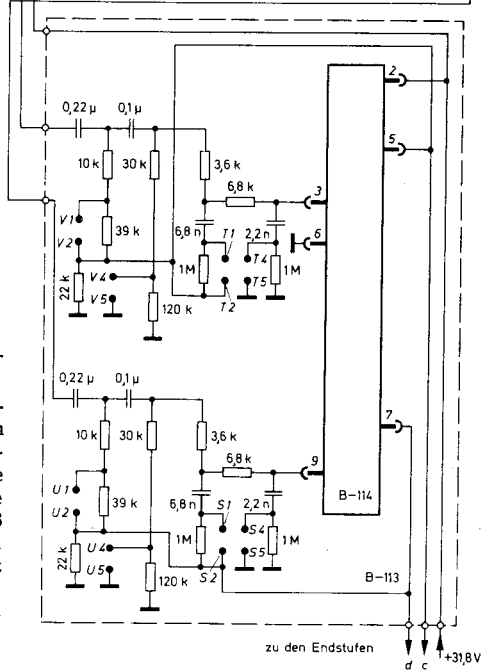


Bild 7. Frequenzgänge des Höhen- und Tiefenregelnetzwerks

Baugruppen „B-107“, „B-108“ und „B-113“ zusammengefaßt. Bild 5 zeigt die Schaltung dieses Verstärkerteils. Die Innenschaltung der einzelnen Bausteine „B-106“ und „B-114“ ist hier der

Verstärkerbaustein „B-106“. Mit P 8 kann man den gesamten Verstärker bei Mittelstellung des Balancereglers auf Pegelgleichheit an den Ausgängen abgleichen.

Mit besonderer Sorgfalt hat man das Klangregelnetzwerk ausgelegt. Abwei-

chend von den üblichen Verfahren, das fächerförmige Kennlinien („Kuhschwanz“) für die Klangregelung mit zudem nicht konstantem Pegel im mittleren Frequenzbereich ergibt, arbeitet das Netzwerk beim „ES 707“ nach einem Prinzip, das Kurven praktisch konstanter Steilheit bei variabler Übergangsfrequenz liefert (Bild 7). So lassen sich Höhen und Tiefen ohne Mitnahme des mittleren Frequenzbereichs

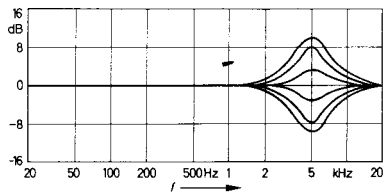


Bild 8. Frequenzgangbeeinflussung durch den Präsenzregler P 10

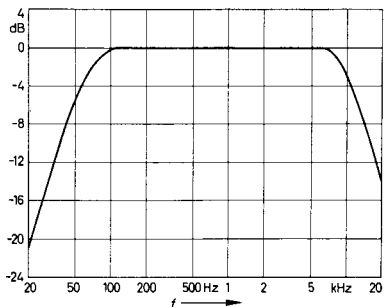


Bild 9. Frequenzgang bei eingeschalteten Höhen- und Tiefenfiltern

und damit ohne ungewollte störende Klangbildverschiebungen exakt einstellen.

Höhenregler P 11 und Tiefenregler P 9 sind in das Gegenkopplungsnetzwerk des Bausteins „B-104“ einbezogen. Die Gegenkopplungsschleife führt vom Drainanschluß des Feldeffekttransistors T 17 über zwei als Emitterfolger arbeitende Transistoren T 19, T 18 zum Gate des Feldeffekttransistors zurück. Der Höhenregler P 11 bildet zusammen mit R 7 und C 4 in seinen unteren Schleiferstellungen einen Tiefpaß für das an den Punkten 5 beziehungsweise 7 des „B-104“ entnommene Ausgangssignal und bewirkt so eine Absenkung der Höhen. Zugleich wird aber auch die in den oberen Schleiferstellungen von P 11 bewirkte Gegenkopplungsabschwächung für die hohen Frequenzen mehr und mehr aufgehoben. Beide Auswirkungen zusammen ergeben den gewünschten Verlauf der Reglerkennlinien.

Für den Tiefenregler P 9 gilt das gleiche Prinzip. C 3, R 3 und C 2, R 4 bilden zusammen mit einer Reglerhälfte jeweils einen Hochpaß. Die Ausgänge beider Hochpässe sind über R 5, R 6 und P 10 an das Gate des Feldeffekttransistors geführt. Der eine Hochpaß schwächt die an den Punkten 3 beziehungsweise 9 von „B-104“ entnommene Gegenkopplungsspannung, der andere das über C 3 ankommende Signal. Auch hier ergeben sich beim Ver-

stellen des Schleifers von P 9 eine gegensinnige Beeinflussung (diesmal der tiefen Frequenzen) und der gewünschte Verlauf von Anhebung und Absenkung.

Als Besonderheit ist noch der Präsenzregler P 10 zu erwähnen, der bei 5 kHz eine zusätzliche Anhebung oder Absenkung um jeweils 9 dB ermöglicht (Bild 8). Erreicht wird das durch die Bandpaßwirkung von L 1 mit C 5 (auf 5 kHz abgestimmter Reihenresonanzkreis) und mit den Dämpfungswiderständen R 5, R 6. Das Präsenzfilternetzwerk liegt dem Tiefenreglernetzwerk parallel und arbeitet mit der Gesamtschaltung nach dem gleichen Prinzip zusammen. Vielleicht wäre es zweckmäßiger gewesen, die Schwerpunktfrequenz des ohnehin nur sehr selten gebrauchten Präsenzfilters tiefer (etwa auf 3 kHz) zu legen. Zur Hervorhebung von Solisten oder des oberen Sprachbandes wäre es dann besser einsetzbar.

Zwischen zwei weiteren Impedanzwandler-Bausteinen ist dann noch je ein Netzwerk für die abschaltbaren Höhen- und Tiefenfilter gegen Rauschen und Rumpeln eingefügt. Ihren Einfluß auf den Frequenzgang zeigt Bild 9.

3. Endstufen und Netzteil

Die Endstufenschaltung einschließlich des Netzteils und der Aussteuerungsanzeige ist im Bild 10 wiedergegeben. Zur Vereinfachung ist die Endstufe des rechten Kanals nur als Blockbild dargestellt. Als Endtransistoren arbeiten in jedem Kanal vier Transistoren

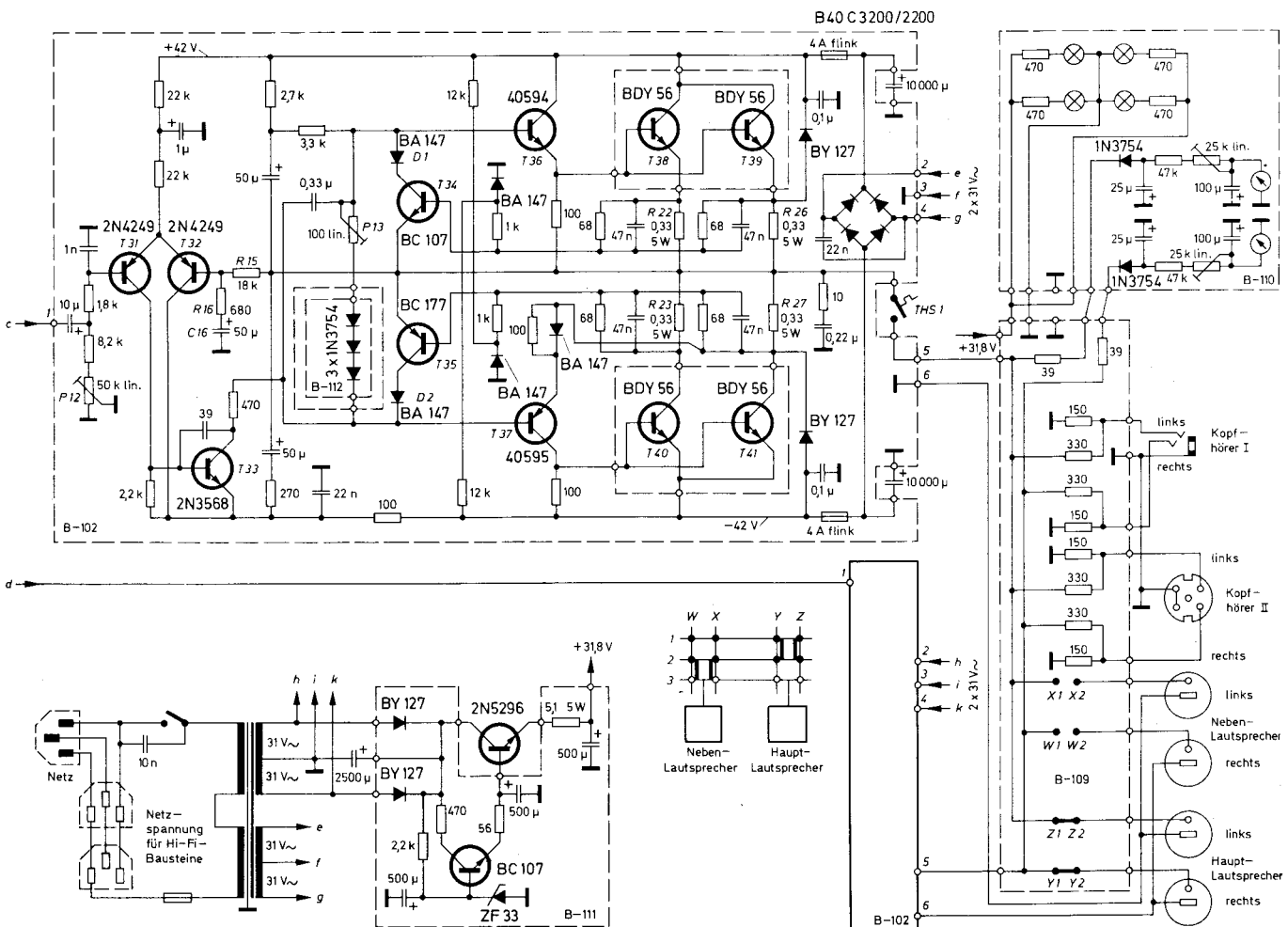


Bild 10. Schaltung der Endstufen und des Netzteils

BDY 56 in Quasikomplementärschaltung. Um eine gleichmäßige Lastaufteilung auf die je zwei parallel betriebenen Transistoren sicherzustellen, haben sie jeweils eigene Symmetrierwiderstände R_{22} , R_{23} und R_{26} , R_{27} . An diesen Widerständen wird auch die Steuerspannung für die elektronische Überlastungsschutzschaltung mit den Transistoren T_{34} und T_{35} abgegriffen. Wird die Schwellenspannung der Basis-Emitter-Strecke dieser Transistoren infolge zu großen Endstufenstroms überschritten, dann öffnen sie und verringern die zu den Eingängen der Treibertransistoren T_{36} , T_{37} gelangende Spannung. Neben dieser strombegrenzenden Schutzschaltung sind in jeder Endstufe auch Thermoschalter $THS 1$ vorhanden, die die Last bei einer bestimmten Übertemperatur der Endtransistoren vorübergehend abtrennen. Jeder Endstufe ist außerdem eine (normalerweise in Sperrrichtung vorgespannte) Diode BY 127 parallel geschaltet. Sie verhindert, daß hohe Spannungsspitzen, wie sie beim Schalten induktiver Verstärkerlasten (beispielsweise Übertrager in 100-V-Ela-Anlagen) auftreten können, die Endtransistoren durch Überschreiten der zulässigen Sperrspannung gefährden. Alle Schutzmaßnahmen zusammen bewirken, daß der „ES 707“ gegen Kurzschluß und ohmsche, induktive oder kapazitive Überlastung zuverlässig gesichert ist.

Am Eingang der Endverstärkerschaltung liegt die Differenzverstärkerstufe T_{31} , T_{32} . Während der Basis von T_{31} über einen als HF-Schutz wirkenden Tiefpaß das NF-Signal zugeführt wird, erhält die Basis von T_{32} die Gegenkopplungsspannung vom Ausgang der Endstufe. Die Spannungsverstärkung im NF-Bereich wird praktisch nur vom Verhältnis der Widerstände R_{15} und R_{16} bestimmt. Für Gleichspannung ist wegen des dann sperrenden Kondensators C_{16} der Gegenkopplungsfaktor Eins, der Verstärker also vollständig gegengekoppelt. Damit erreicht man eine sehr hohe Stabilität aller Arbeitspunkte. Auch die Mittenspannung wird mit Hilfe der Differenzverstärkerstufe konstant auf Nullpotential gehalten. Jede Abweichung zwischen den beiden Basispotentialen von T_{31} und T_{32} wird wegen der großen Schleifenverstärkung der gesamten Schaltung sehr genau ausgeglichen. Das Bezugspotential Null läßt sich mit Hilfe des Reglers P_{12} einstellen, an dem infolge des Basisstroms ein Spannungsabfall entsteht.

Der Ruhestrom für die Endtransistoren (insgesamt 50 mA) wird mit Hilfe des Spannungsabfalls an den drei Dioden des Bausteins „B-112“ gewonnen, der wärmeleitend mit den Endtransistoren verbunden ist. So erhält man eine gute thermische Stabilisierung des Ruhestroms, dessen Sollwert mit P_{13} eingestellt werden kann.

Zur Aussteuerungsanzeige des Verstärkers (Baustein „B-110“) sind zwei in einem gemeinsamen Gehäuse zusammengefaßte Drehspulinstrumente mit beleuchteten Skalen vorhanden. Die Skalenteilung ist quadratisch und in Prozenten geeicht. Wegen des Zusammenhangs $P = U^2/R_L$ für die Ausgangsleistung (mit der Ausgangsspannung U und dem Lastwiderstand R_L) gibt die

Zeigerstellung die Ausgangsleistung als Prozentsatz der mit dem jeweiligen Lastwiderstand erreichbaren Nennleistung an.

Sowohl die Hauptlautsprecher als auch eine zusätzlich anschließbare Nebenlautsprechergruppe sind über Drucktasten abschaltbar. Für die Nebenlautsprecher können feste Vorwiderstände eingebaut werden, um die Leistungsaufnahme herabzusetzen. Der Kopfhörerausgang ist auf der Frontplatte zugänglich.

Die Bilder 11 und 12 zeigen die Leistungsbandbreite und den Klirrfaktor bei gleichzeitiger Aussteuerung beider Kanäle des „ES 707“. Die angegebene Ausgangsleistung von 2×90 W Sinusausgang an 4 Ohm stellt einen Garantiewert dar, der bei den ausgelieferten Verstärkern im allgemeinen noch deutlich überschritten wird. Bei 16 Ohm sind immerhin noch mindestens 40 W Sinusdauerleistung entnehmbar. Die ge-

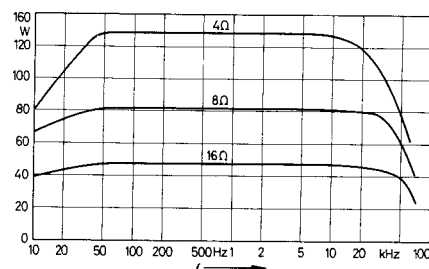


Bild 11. Leistungsbandbreite bei verschiedenen Lastwiderständen

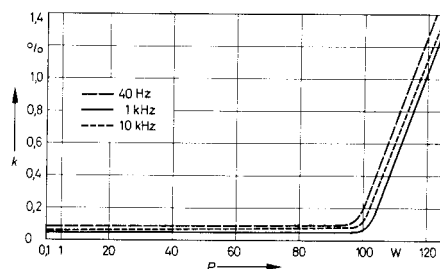


Bild 12. Gesamtklirrfaktor k für drei Frequenzen bei 4 Ohm Lastwiderstand als Funktion der Ausgangsleistung P

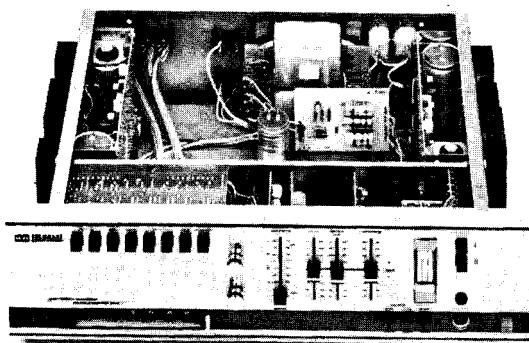


Bild 13. Innenaufbau des „ES 707“; die Vorverstärkerbausteine hinter der Frontplatte sind durch eine Abschirmwand vom Netzteil und den Endverstärkern getrennt. Die Endstufen sind links und rechts an den Außenseiten erkennbar

messene Sinusdauerleistung lag bei knapp 1,5 % Gesamtklirrfaktor deutlich über 120 W je Kanal (s. Bild 12), also weit oberhalb der Nennleistung. Selbst bei 0,1 % Klirrfaktor wurden noch rund 100 W Dauerleistung abgegeben.

Das Netzteil ist mit einem streuarmer Schnittbandkern-Transformator und getrennten Wicklungen für die Endstufenpeisung aufgebaut. Die Versorgungsspannung für die Vorstufen ist elektronisch stabilisiert. Man hat nicht vergessen, auch den Netzschalter zu entfernen, eine Maßnahme, über die sich besonders auch der Tonbandamateure freuen wird.

4. Aufbau und technische Daten

Bild 13 zeigt den Innenaufbau des Verstärkers. Die beiden Endstufen sind an den Außenseiten des Gehäuseeinschubs angeordnet, wo eine gute Wärmeabfuhr bei zugleich geringstmöglicher thermischer Beanspruchung der anderen Baugruppen möglich ist. Im Mittelteil sind der Netztransformator und die stabilisierte Stromversorgung zu finden. Alle anderen Baugruppen wurden hinter der Frontplatte nahe den Bedienungselementen in elektrischer wegen der kurzen Leitungsführung besonders günstiger Position angeordnet.

Lautstärke-, Höhen-, Tiefen- und Präsenzeinstellung erfolgen mittels leichtgängiger Schieberegler, Balance und Pegel lassen sich mit üblichen Potentiometern einstellen. Der Verstärkerfrequenzgang ist bei den gerasteten Mittelstellungen der Klangregler absolut

linear. Die Skalenbeleuchtung der Aussteuerungsanzeigeelemente dient zugleich als Betriebsanzeige des „ES 707“. Erfreulich ist auch, daß auf der Geräte- rückseite zwei zusätzliche Kaltgerätesteckdosen für den Anschluß weiterer Hi-Fi-Bausteine ebenso zu finden sind wie eine kleine Tabelle, die darüber Auskunft gibt, welche maximale Ausgangsleistung bei 4, 8 und 16 Ohm Lautsprecherimpedanz entnehmbar ist.

Der gesamte Verstärker ist in kommerzieller Bauweise ausgeführt. Die meisten der Baugruppen sind steckbar und ergeben einen ausgesprochen übersichtlichen und servicefreundlichen Aufbau. Sieht man sich die Verarbeitung, die Auswahl der Einzelteile und die schaltungstechnischen Sicherheitsmaßnahmen genauer an, so kann man sich wegen der hohen Qualität auch auf längere Sicht notwendig werdende Reparaturen eigentlich kaum vorstellen.

Die wichtigsten technischen Daten und Garantiewerte des Verstärkers sind in Tab. I (S. 3) zusammengestellt und zeigen noch einmal die wirklich hervorragenden Eigenschaften des „ES 707“, die sich auch bei der längeren praktischen Erprobung voll bestätigten. Mit diesem leistungsfähigen Verstärker steht dem Hi-Fi-Enthusiasten wie auch dem professionellen Anwender ein Gerät von hohem Gebrauchswert zur Verfügung, das kaum einen Wunsch unerfüllt läßt. Die große Betriebssicherheit und die universellen Anschlußmöglichkeiten dürften diesen Verstärker auch in Tonstudios und Ela-Anlagen begehrt machen.