

ELV-Serie 7000

Klirrfaktor-Meßgerät KMG 7000



Mit digitaler Anzeige sowie eingebautem extrem klirrarmen Referenzoszillator

Dem zunehmenden Wunsch unserer Leser Rechnung tragend, Geräte für den Audio-Bereich zu veröffentlichen, haben wir ein Klirrfaktor-Meßgerät mit digitaler Anzeige entwickelt, das in ein Gehäuse aus der ELV-Serie 7000 eingebaut werden kann.

Besonders hervorzuheben ist der integrierte, extrem klirrarme Signal-generator sowie die leichte Bedienbarkeit des Gerätes. Es können Klirrfaktoren bis zu 20 %, bei einer Auflösung von 0,01 % (!), gemessen werden.

Allgemeines

Eine der wichtigsten Angaben im Bereich der Audio-Technik ist die des Klirrfaktors. Sowohl bei der Klassifikation von NF-Verstärkern oder -Generatoren als auch beim Service, bei der Fertigung oder gar Neuentwicklung, stellt er ein wesentliches Kriterium dar. Selbstverständlich spielen die Bandbreite und bei Endverstärkern die Ausgangsleistung gleichfalls eine bedeutende Rolle, doch ist der Klirrfaktor zur Beschreibung eines Gerätes für den Audio-Bereich unentbehrlich.

Daneben gibt es auch noch ergänzende Meßverfahren, z. B. für Intermodulations-Verzerrungen, die jedoch mehr einen ergänzenden Charakter aufweisen und die Klirrfaktormessung als solche immer einen dominierenden Stellenwert besitzen wird.

Die Angabe des Klirrfaktors kann nun für verschiedene Frequenzen vorgenommen werden. Als besonders charakteristisch hat sich hierbei die Messung des Klirrfaktors bei 1000 Hz herauskristallisiert, so daß im allgemeinen diese Angabe für sich allein betrachtet schon eine gute Beschreibung der in einer Audio-Anlage auftretenden Verzerrungen darstellt. Liegt der Klirrfaktor bei dieser Frequenz, die im mittleren Hörbereich angesiedelt ist, bei den gewünschten bzw. erwarteten Werten, so kann man im allgemeinen davon ausgehen, daß sich die Werte bei anderen Frequenzen nicht nennenswert ändern.

Die sehr wichtigen Einstellarbeiten an Übertragungsanlagen hinsichtlich der Arbeitspunkte ist durch die Messung des Klirrfaktors möglich, wobei auch hier die Messung bei 1 kHz im allgemeinen vollkommen ausreicht.

Definition des Klirrfaktors

Gibt man einen vollkommen reinen Sinuston, der den Klirrfaktor 0 besitzt, auf einen Verstärker, so erscheint am Ausgang dieser Sinuston in seiner reinen Form und zusätzlich Verzerrungsprodukte, die dem Grundton überlagert sind. Die Frequenzen dieser Verzerrungen können nur ganzzahlige Vielfache der Grundfrequenz, also der Frequenz des am Eingang anliegenden reinen Sinustones sein. Beträgt die Frequenz der Grundwelle (Grundton) 1000 Hz, so ist die niedrigste Frequenz eines Verzerrungsproduktes, das der Grundwelle überlagert ist,

2000 Hz, die nächsthöhere Frequenz 3000 Hz usw.

Die Definition des Klirrfaktors lautet wie folgt:

$$K_{ges} = \frac{\text{Effektivwert der gesamten Kurvenform ohne die Grundwelle}}{\text{Effektivwert der gesamten Kurvenform einschließlich Grundwelle}} = \text{Gesamtklirrfaktor}$$

Zusätzlich zum Gesamtklirrfaktor können darüber hinaus die einzelnen Bestandteile separat aufgeführt werden, d. h., es kann der Anteil der ersten Oberwelle z. B. 2000 Hz, der zweiten Oberwelle (3000 Hz) usw. angegeben werden. Da dies jedoch nur in seltenen, besonderen Fällen gewünscht wird, haben wir uns auf die Messung des Gesamtklirrfaktors konzentriert, da diesem die Hauptaussagekraft beigemessen werden kann.

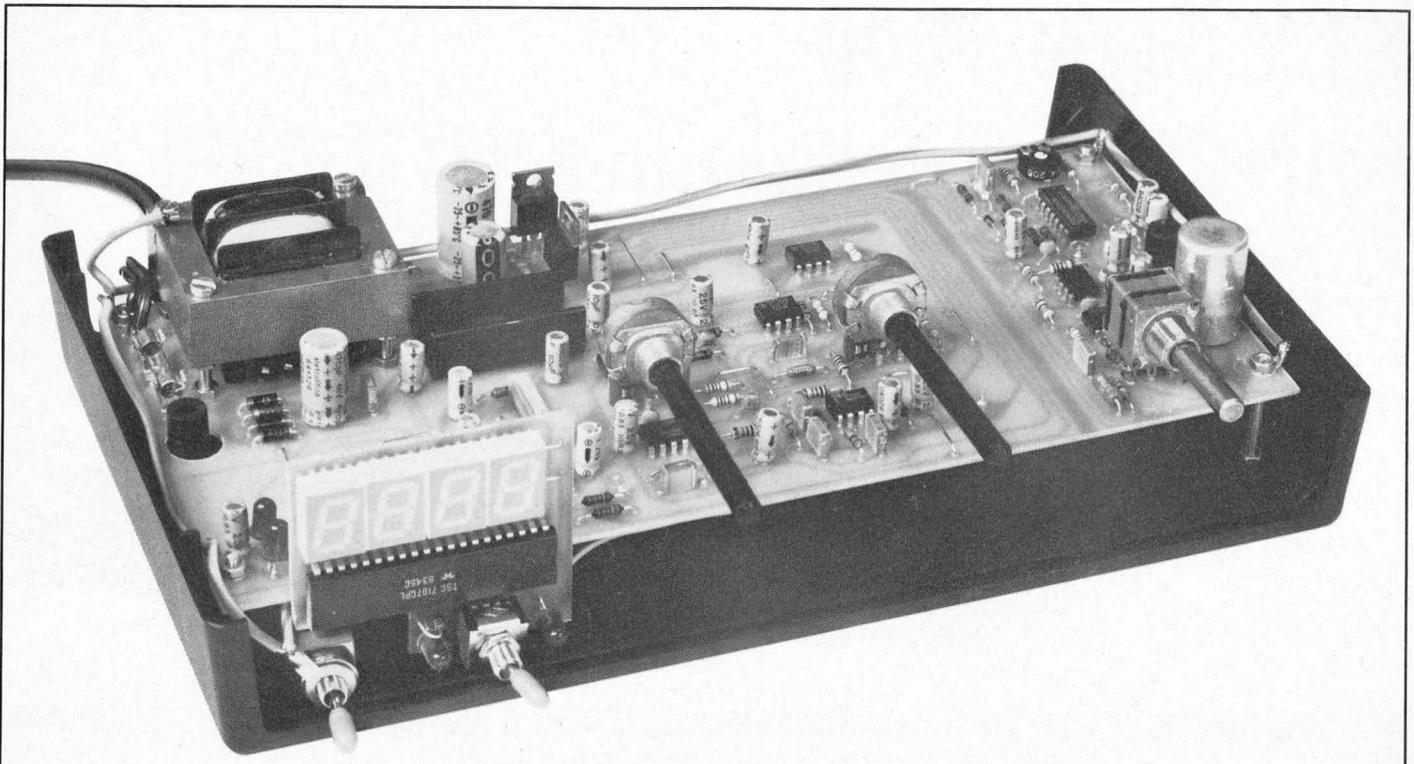
Technische Daten des ELV Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000

Klirrfaktormesser:

Klirrfaktor-Meßbereich:	0-20,00 %
Auflösung:	0,01 %
Genauigkeit:	ca. ± 5 % (typ. 3 %)
Verstärkungsmessung:	-20 dB bis +6 dB

Referenzoszillator:

Ausgangsamplitude:	2,000 V _{ss} = 0,707 V _{eff}
Klirrfaktor:	0,005 % typ. (!)
Mittenfrequenz:	1000 Hz, ± 5 %
Frequenzeinstellbereich:	± 1 %
Mittenfrequenzübereinstimmung Oszillator-Filter	± 0,5 %



Ansicht des in die untere Gehäusehalbschale eingebauten ELV Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000

Bedienung und Funktion

Die von dem ELV-Klirrfaktor-Meßgerät zu verarbeitenden Eingangsspannungen, können im Bereich von $0,2 V_{SS}$, entsprechend $70 mV_{eff}$, bis hinauf zu $4 V_{SS}$, entsprechend $1,4 V_{eff}$, liegen.

Für Messungen an Verstärkern besitzt das ELV-Klirrfaktormeßgerät KMG 7000 einen extrem klirrfarmen eingebauten 1kHz-Signalgenerator, der die normgerechte Ausgangsspannung von $707 mV_{eff}$, entsprechend $2,000 V_{SS}$, abgibt.

Diese Spannung wird auf den Eingang des zu prüfenden Verstärkers gegeben. Der Ausgang dieses Verstärkers wird wiederum auf den Eingang des Klirrfaktor-Meßgerätes geleitet.

Da die Massen des Referenzoszillators und der eigentlichen Klirrfaktor-Meßschaltung identisch und innerhalb des Gerätes miteinander verbunden sind, ist besonders darauf zu achten, daß keine Verpolung beim Anschluß an den zu testenden Verstärker stattfindet. Die Masse des Referenzoszillators ist mit der Masse des Verstärkers zu verbinden, während gleichfalls eine Verbindung von der Masse des Verstärkers zu Eingangsmasse der Klirrfaktor-Meßschaltung erfolgen muß. Durch Vertauschen von zwei Leitungen ergibt sich ein Kurzschluß des Referenzoszillators, wodurch eine Messung nicht mehr möglich ist.

Den auf der Frontplatte angeordneten Kippschalter S 2 bringt man in Stellung „100,0 %“.

Mit dem der Verstärkungseinstellung dienenden, auf der Frontplatte links angeordneten Potentiometer R 27, stellt man jetzt auf der Anzeige möglichst genau den Wert „100,0 %“ ein. Abweichungen von ± 10 Digit, entsprechend 1 %, liegen im Bereich der zulässigen Toleranz.

Auf der Skala des Potentiometers R 27 kann jetzt die Verstärkung des zu überprüfenden Verstärkers abgelesen werden.

Sollte die Verstärkung des zu testenden Verstärkers über 20 dB liegen, ist eine zusätzliche Abschwächung vom Ausgangssignal des Referenzoszillators erforderlich. Dies kann auf einfache Weise um weitere 20 dB nach Bild 1a bzw. um 40 dB nach Bild 1b vorgenommen werden. In diesem Fall kann der abgelesene Verstärkungsfaktor auf der Skala des linken Potentiometers nicht direkt verwendet werden, sondern es sind jeweils 20 dB bzw. 40 dB zu addieren. Stünde das Poti z. B. ganz am linken Anschlag (20 dB), würde die Verstärkung des zu testenden Verstärkers unter Verwendung von Schaltung 1a 40 dB und unter Verwendung von Schaltung 1b 60 dB betragen.

Jetzt bringt man den Kippschalter S 2 in Stellung „0–20 %“.

Durch langsames und gefühlvolles abwechselndes Verdrehen des mittleren und rechten Potentiometers, ist nun der auf der digitalen Anzeige erscheinende Wert auf sein Minimum zu bringen (kleinstmöglicher Wert).

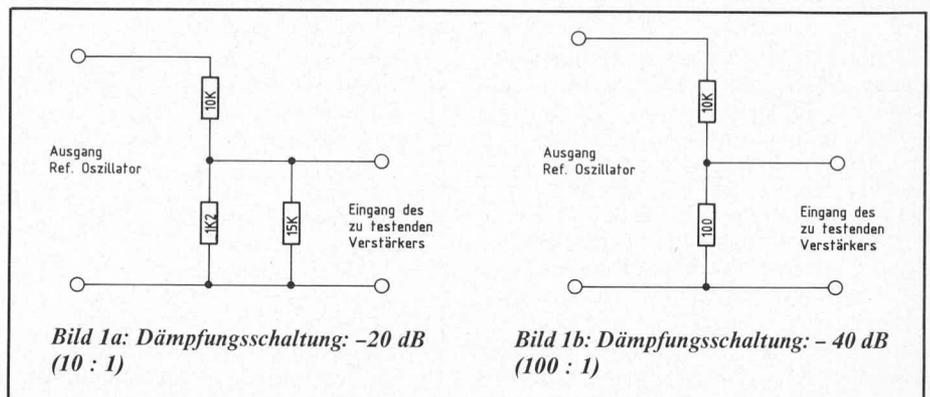
Dieser Wert stellt den Klirrfaktor des zu überprüfenden Verstärkers mit einer Auflösung von 0,01 % (!) dar.

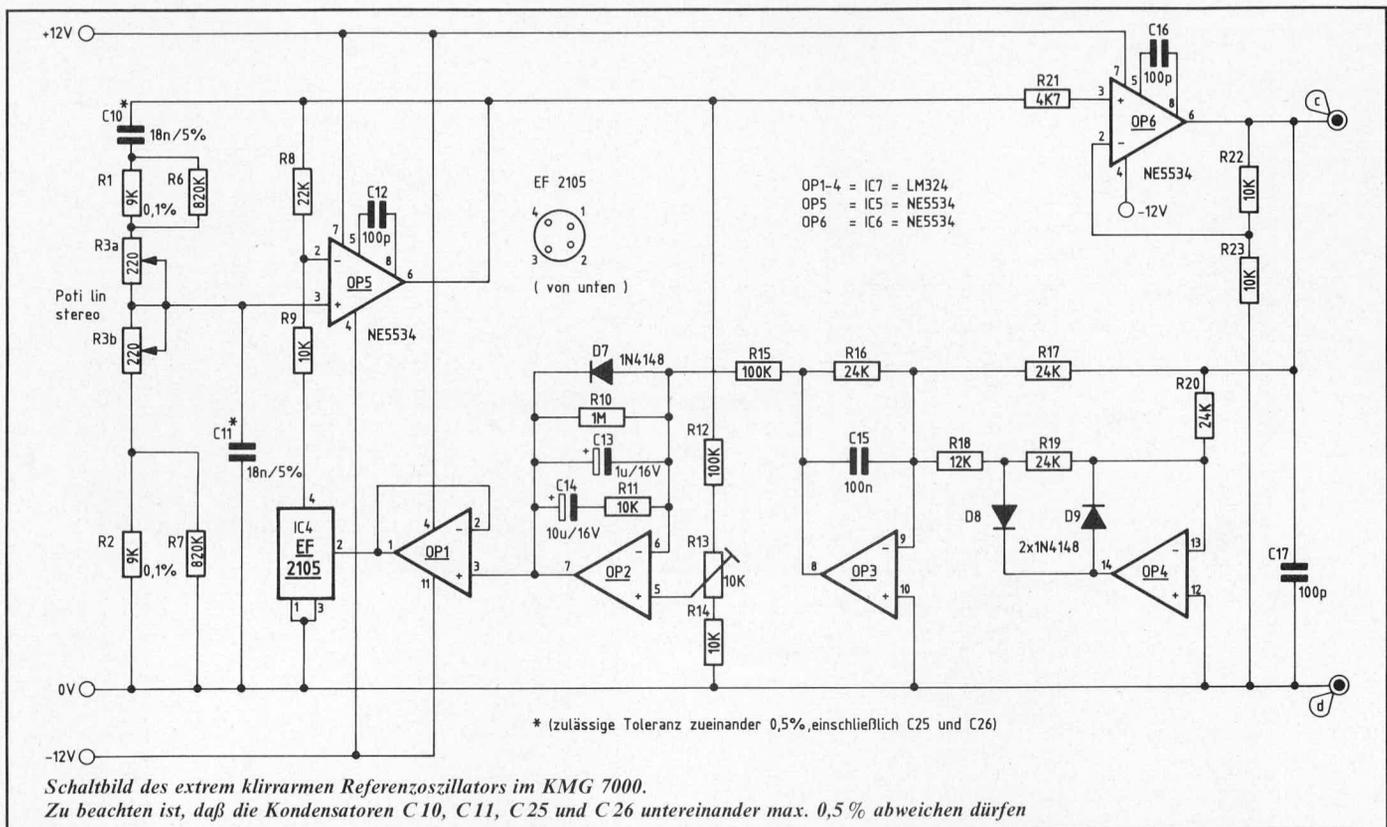
Der technische Zusammenhang, warum dieser Wert den Klirrfaktor darstellt, soll im folgenden erläutert werden:

Mit der Verstärkungseinstellung am linken Poti R 27, wurde auf der Anzeige der Bezugswert von „100,0 %“ eingestellt, auf den sich auch die daran anschließende Klirrfaktormessung bezieht.

Durch die Umschaltung des Kippschalters S 2 wurde ein besonders hochwertiger aktiver Filter in den Meßkreis eingeschaltet. Dieser Filter dient der vollständigen Unterdrückung der Grundwelle von 1000 Hz. Zur Anzeige kommen also lediglich die Verzerrungsprodukte ohne Grundwelle, deren Anzeige direkt in „%“ erfolgt.

Damit eine Auflösung von 0,01 % erreicht werden kann, ist eine sehr hohe Qualität des verwendeten Sperrfilters erforderlich. Die Unterdrückung der Grundwelle muß bei mindestens 80 dB, entsprechend 10 000fach, liegen. Darüber hinaus darf die erste Oberwelle bei 2 kHz nicht mehr nennenswert abgeschwächt werden, woraus eine Güte von





ca. 3 resultiert. Vorgenannte Forderungen werden zweckmäßigerweise durch den Einsatz von hochwertigsten aktiven Filtern erfüllt.

Beim Aufbau entsprechender Filter ist besonders großer Wert auf eine enge Toleranz der frequenzbestimmenden Bauelemente zu legen. Je enger die Bauteile toleriert sind, desto einfacher ist der Abgleich mit dem Filter-Poti (mittleres Einstellpotentiometer).

Auf eine Feinabstimmung des Filters kann grundsätzlich nie ganz verzichtet werden, da eine sehr hohe Dämpfung der Grundwelle gefordert wird und auch eng tolerierte Bauelemente Abweichungen besitzen, seien sie auch noch so gering. Dies auszugleichen ist die Aufgabe des Potentiometers R 42, das auf der Frontplatte in der Mitte angeordnet ist.

Geringe Abweichungen sowohl der Filterfrequenz als auch des 1 kHz-Referenzoszillators werden durch das rechts auf der Frontplatte angeordnete Frequenz-Fein-Einstellpoti ausgeglichen.

Wie man aus vorstehender Beschreibung ersehen kann, ist es erforderlich, mit 2 Potentiometern sowohl die Oszillatorfrequenz als auch das eingebaute Sperrfilter so einzustellen, daß sich eine optimale Unterdrückung der Grundwelle ergibt und auf der digitalen Anzeige lediglich noch der Wert der Verzerrungsprodukte erscheint, wie dies auch per Definition des Klirrfaktors erforderlich ist.

Zu Kontrollzwecken kann der Kippschalter S 2 noch einmal in Stellung „100,0 %“ gebracht werden, um zu sehen, ob sich dieser Wert nicht nennenswert geändert hat. Ggf. ist die Messung noch einmal zu wiederholen.

Auf eine Besonderheit bei dem hier vorliegenden ELV-Klirrfaktor-Meßgerät wollen wir an dieser Stelle noch hinweisen:

Bei Klirrfaktormessungen hat ein evtl. vorhandener Brumm-Anteil u. U. störenden Einfluß, d. h., er kann einen zu hohen Klirrfaktor vortäuschen. Besonders bei sehr geringen Klirrfaktoren können hier vollkommen falsche Werte angezeigt werden.

Die im ELV Labor entwickelte Schaltung besitzt daher einen zusätzlichen Hochpaß, der sämtliche Frequenzen unterhalb der Grundwelle stark abschwächt. Brummeinstreuungen im Bereich von 50 und 100 Hz werden um ca. 20 dB gedämpft. Ihr Einfluß ist daher praktisch ausgeschlossen.

Damit eine hohe Güte und Flankensteilheit des Hochpasses erreicht werden konnte, wurde auch hier ein aktiver Filter eingesetzt.

Zur Sichtbarmachung der Verzerrungsprodukte besitzt das ELV-Klirrfaktor-Meßgerät KMG 7000 zusätzlich einen Ausgang zum Anschluß eines Oszilloskopes. Durch die Sichtbarmachung der Verzerrungsprodukte auf dem Bildschirm, kann auch die Einstellung des mittleren und rechten Potentiometers einfacher werden, da man jede Reaktion bei der Einstellung des minimalen Wertes direkt auf dem Bildschirm verfolgen kann.

Zur Schaltung

Bei der Beschreibung der Schaltung des Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000 beginnen wir zweckmäßigerweise bei der Erzeugung des klirrfarmen 1 kHz-Sinustones.

Als Oszillator dient eine Wien-Robinson-Brücke, in Verbindung mit dem OP 5. Die Brücke selbst besteht aus den beiden Kondensatoren C 10 und C 11, die möglichst gut übereinstimmen sollten, sowie aus den Widerständen R 1 bis R 9.

Da ein Wien-Robinson-Oszillator nicht selbst stabilisierend ist, muß die Ausgangsamplitude ständig überwacht und in Form

einer Verstärkungsregelung auf einen Brückenast des Oszillators zurückgeführt werden.

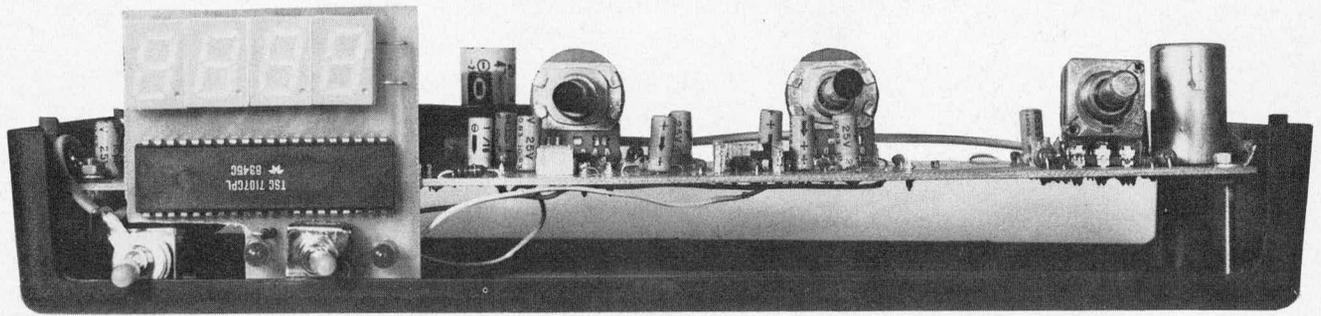
Der Klirrfaktor des Oszillators ist in erheblichem Maße von dieser Rückführung abhängig. Als nahezu ideales Bauelement zur Steuerung eines Brückenastes des Wien-Robinson-Oszillators, hat sich der Effektivwertwandler des Typs EF 2105 bestens bewährt, der den regelmäßigen ELV-Lesern sicherlich aus den Wechselrichter-Schaltungen bekannt ist. Im hier vorliegenden Fall läßt sich der Klirrfaktor in nahezu idealer Weise minimieren.

Eine Regelung und damit eine Stabilisierung des Oszillators kommt dadurch zustande, daß die Ausgangsamplitude, die über OP 6 gepuffert wird, mit Hilfe der OP's 3 und 4 abgefragt und gleichgerichtet wird. Der nachfolgende OP 2 mit nachgeschaltetem Pufferverstärker OP 1, dient dem Vergleich der Amplitude mit einem Referenzwert, der mit R 13 einzustellen ist. Gleichzeitig findet eine Integration statt, so daß der Ausgang des OP 1 den Eingangskreis des EF 2105 derart ansteuert, daß sich eine Amplitudenstabilisierung der Ausgangsspannung ergibt.

Aufgrund der besonders präzisen Regelung wird die Ausgangsamplitude unabhängig von Temperatur- und Lastschwankungen auf wenige mV konstant gehalten.

Mit Hilfe des Tandem-Potentiometers R 3 kann die Frequenz des Oszillators um +/- 1 % variiert werden, um sie auf den im Klirrfaktor-Meßgerät enthaltenen Sperrfilter optimal einzustellen.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig darauf hinzuweisen, daß ein möglichst guter Gleichlauf der beiden Schleifer des Stereo-Potentiometers gewährleistet sein muß (möglichst besser 1 dB).



Frontansicht des ELV-Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000 ohne Frontplatte mit abgenommener Gehäuseoberschale

Kommen wir nun zur Beschreibung des eigentlichen Klirrfaktor-Meßgerätes.

Die beiden Operationsverstärker OP7 und OP8 nehmen eine Grundverstärkung des Eingangssignales vor, so daß ein ausreichender Einstellbereich für das der Verstärkungseinstellung dienende Poti R27 vorhanden ist.

Am Ausgang des OP8 (Pin 6) steht nach korrekter Einstellung von R27 ein Pegel von $4,000 V_{SS}$, entsprechend $1,414 V_{eff}$, an.

Mit dem invertierenden OP11 wird dieser Pegel um den Faktor 5 geschwächt und gelangt dann über den Schalter S2a auf das eigentliche Meßgerät, bestehend aus dem Meßgleichrichter (OP14 und OP15 mit Zusatzbeschaltung) sowie dem A/D-Wandlerbaustein ICL7107 mit Digital-Anzeige.

Befindet sich der Schalter S2a in der unteren Stellung, d. h. am Ausgang des OP11 (Pin 6), so zeigt die Digital-Anzeige einen Wert von „100,0 %“, wenn das Poti R27 korrekt eingestellt ist und am Ausgang von OP8 (Pin 6) die weiter vorstehend erwähnte Spannung von $4 V_{SS}$ ansteht.

Wird der Schalter S2a in die andere Lage gebracht, so daß er am Ausgang von OP13 (Pin 1) liegt, erscheint auf der Anzeige bei korrekter Einstellung der Potis R3 (Frequenz) und R42 (Filter) der Klirrfaktor, d. h., der Wert der Verzerrungsprodukte.

Hierzu durchläuft das am Ausgang von OP8 (Pin 6) anstehende Signal den Sperrfilter, bestehend aus OP9 und OP10, die in Verbindung mit der Zusatzbeschaltung einen Wien-Robinson-Filter darstellen. Der Filterfeinabgleich erfolgt mit dem Poti R42. Durch dieses Poti können geringe Toleranzen der frequenzbestimmenden Bauelemente R37, R40, C25, C26 ausgeglichen werden. Die an diesen Bauelementen angegebenen Toleranzen sollten jedoch sorgfältig eingehalten werden, wobei besonders die Übereinstimmung von C25 und C26 wichtig ist.

Am Ausgang des OP10 (Pin 6) steht nun das von der Grundwelle befreite Eingangssignal an. Mit OP12 erfolgt eine weitere Verstärkung um den Faktor 2.

Wie bereits weiter vorstehend erläutert, ist es sinnvoll, evtl. störende Brummanteile aus dem Eingangssignal heraus zu filtern. Dies geschieht mit einem steilflankigen, aktiven

Hochpaß, der mit OP13 und Zusatzbeschaltung (C27 bis C29 sowie R46 bis R48) aufgebaut wurde. Am Ausgang von OP13 (Pin 1) stehen dann die reinen Verzerrungsprodukte als Maß für den Klirrfaktor zur Verfügung.

Damit die eigentliche Klirrfaktormessung um den Faktor 10 empfindlicher und in ihrer Auflösung besser ist als die Einstellung des Grundwertes von „100,0 %“, müssen sich die beiden Signalzweige entsprechend unterscheiden. Dies wird dadurch erreicht, indem der OP12 im Signalzweig zur Klirrfaktormessung eine zusätzliche Verstärkung von 2 aufweist, während in dem anderen Signalzweig der OP11 eine Abschwächung um den Faktor 5 vornimmt, wodurch sich der Unterschied um den Faktor 10 ergibt.

Der Mittelpunkt des Kippschalters S2a wird auf den Eingang des Vollwellenmeßgleichrichters, bestehend aus OP14 und OP15 mit Zusatzbeschaltung, geführt. Der Ausgang von OP15 steuert über R55 den A/D-Wandlerbaustein des Typs ICL7107 so an, daß sich auf der digitalen Anzeige in Verbindung mit der an Pin 36 anliegenden Referenzspannung der direkte Wert des Klirrfaktors in Prozenten ablesen läßt. Auf die Funktionsweise des ICL7107, der von

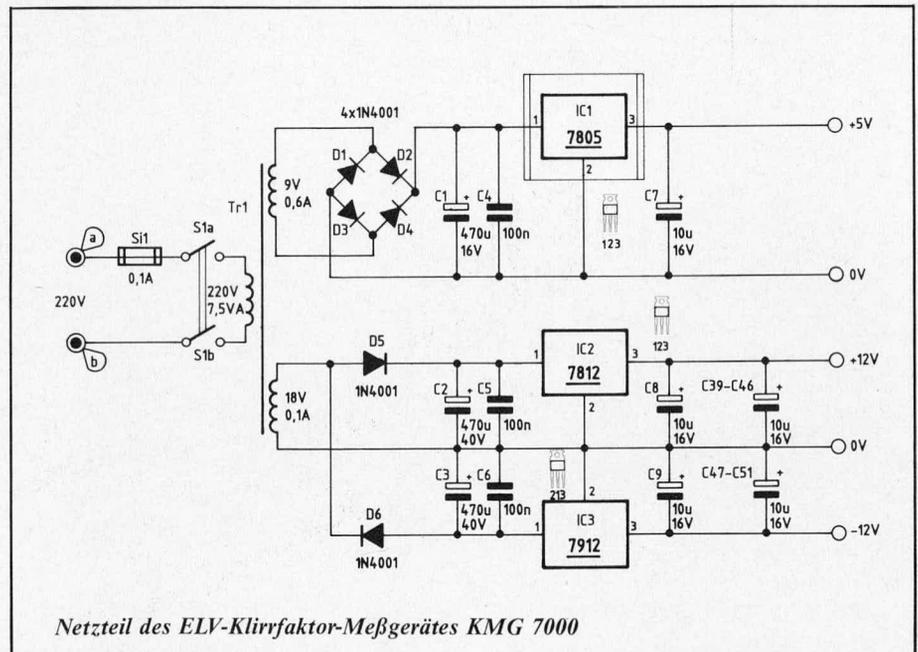
uns bereits häufiger eingesetzt wurde, soll an dieser Stelle verzichtet werden.

Der Trimmer R58 dient der Offset-Spannungs-Kompensation der OP's 13 bis 15, d. h., zur Nullpunkteinstellung. Diese ist jedoch nur einmalig vorzunehmen.

Die Versorgung des A/D-Wandlers und der digitalen Anzeige erfolgt über den 5 V-Festspannungsregler IC1, während die eigentliche Stromversorgung sowohl des Referenzoszillators als auch der übrigen Meßelektronik mit Hilfe eines +12 V und eines -12 V Festspannungsreglers vorgenommen wird.

Abschließend ist noch anzumerken, daß alle Operationsverstärker, die das zu messende NF-Signal vor und während der eigentlichen Filterung verarbeiten, extrem klirrun- und rauscharme Typen sein sollten, damit das Meßergebnis nicht durch den Eigenklirrfaktor der Schaltung verfälscht wird.

Darüber hinaus kommt der Ausführung des Platinenlayouts besondere Bedeutung zu, damit die erforderliche Grundwellendämpfung von über 80 dB erreicht werden kann und nicht etwa Einstreuungen und Übersprechen die guten Filtereigenschaften vermindern. Dies ist bei dem vorliegenden Layout jedoch in bester Weise gelöst worden.



Netzteil des ELV-Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000

Stückliste: KMG 7000

Halbleiter:

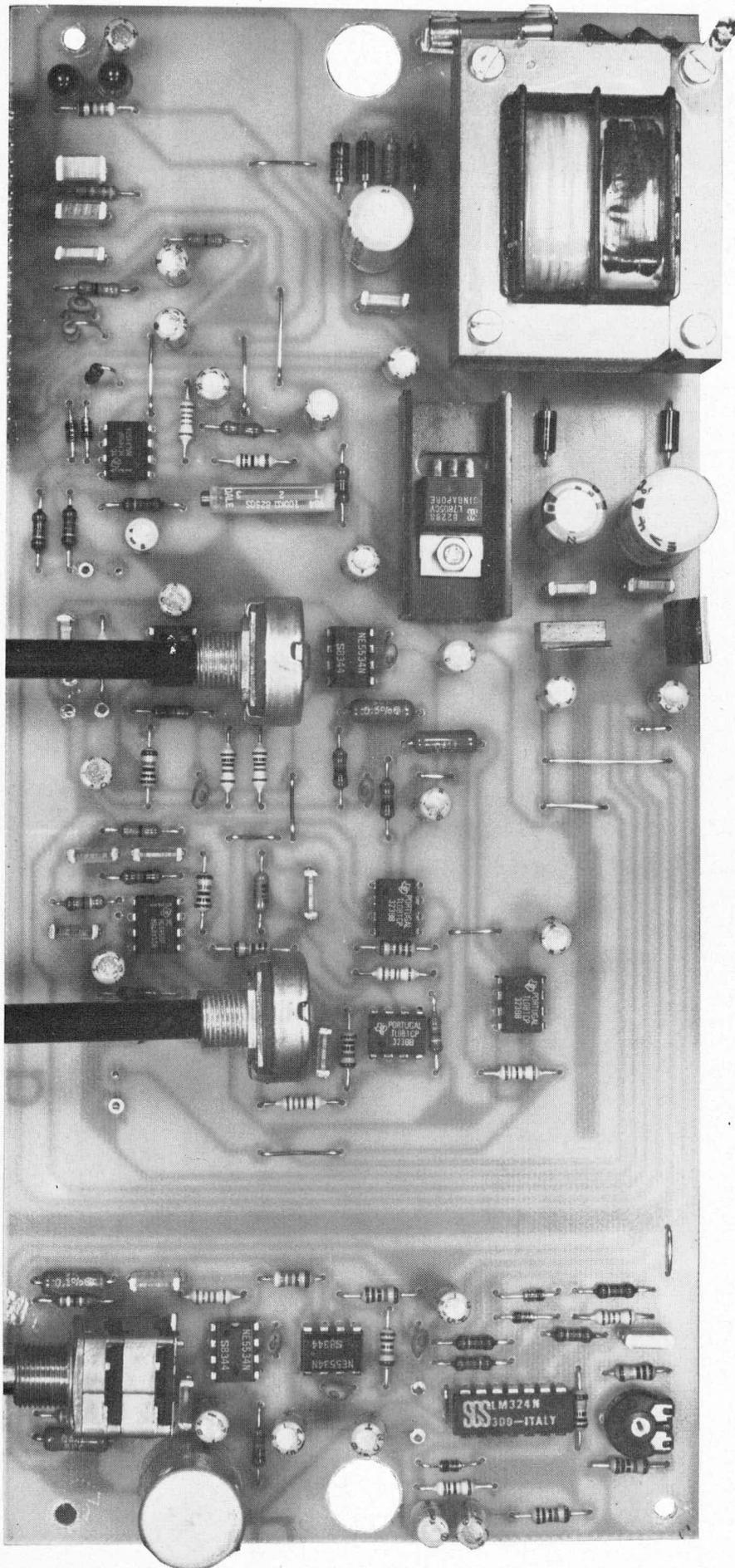
IC 1	.....	7805
IC 2	.....	7812
IC 3	.....	7912
IC 4	.....	EF 2105
IC 5, IC 6	.....	NE 5534
IC 7	.....	LM 324
IC 8, IC 9	.....	NE 5534
IC 10-IC 12	.....	TL 081
IC 13, IC 14	.....	MC 1458
IC 15	.....	ICL 7107
D 1-D 6	.....	1N4001
D 7-D 11	.....	1N4148
D 12-D 15	.....	LED, rot, 5 mm
Di 1-Di 4	.....	DJ700A

Kondensatoren:

C 1	.....	470 μ F/16 V
C 2, C 3	.....	470 μ F/40 V
C 4-C 6	.....	100 nF
C 7-C 9	.....	10 μ F/16 V
*C 10, *C 11	.....	18 nF, 5%
C 12	.....	100 pF
C 13	.....	1 μ F/16 V
C 14	.....	10 μ F/16 V
C 15	.....	100 nF
C 16, C 17	.....	100 pF
C 18	.....	100 nF
C 19-C 21	.....	100 pF
C 23	.....	100 pF
*C 25, *C 26	.....	18 nF, 5%
C 27-C 29	.....	18 nF
C 30	.....	10 μ F/16 V
C 31, C 32	.....	1 μ F/16 V
C 33	.....	100 pF
C 34	.....	47 nF
C 35	.....	220 nF
C 36	.....	100 nF
C 37-C 51	.....	10 μ F/16 V

Widerstände:

R 1, R 2	.....	9 k, 0,1%
R 3	.....	220 Ω , Tandempoti
R 6, R 7	.....	820 k Ω
R 8	.....	22 k Ω
R 9	.....	10 k Ω
R 10	.....	1 M Ω
R 11	.....	10 k Ω
R 12	.....	100 k Ω
R 13	.....	10 k Ω , Trimmer, liegend
R 14	.....	10 k Ω
R 15	.....	100 k Ω



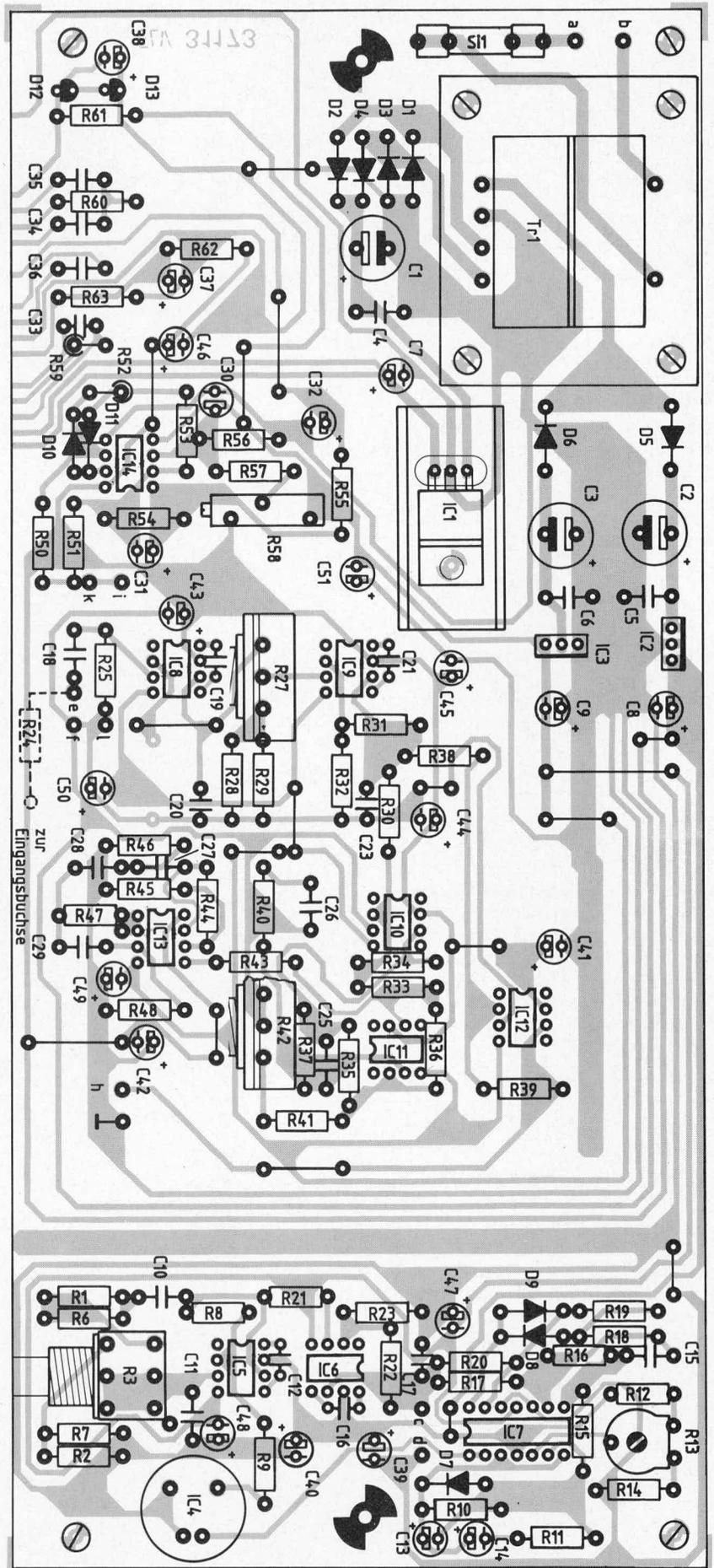
Ansicht der fertig bestückten Basisplatine des ELV-Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000

R 16, R 17, R 19, R 20	....	24 k Ω
R 18	.....	12 k Ω
R 21	.....	4,7 k Ω
R 22, R 23	.....	10 k Ω
R 24, R 25	.....	100 k Ω
R 27	.....	10 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R 28,	.....	820 Ω
R 29	.....	1,5 k Ω
R 30	.....	10 k Ω
R 31	.....	47 k Ω
R 32	.....	6,8 k Ω
R 33	.....	12 k Ω
R 34, R 35	.....	10 k Ω
R 36	.....	180 k Ω , 1 %
R 37	.....	9 k Ω , 0,1 %
R 38	.....	90 k Ω , 0,5 %
R 39	.....	18 k Ω
R 40	.....	9 k Ω , 0,1 %
R 41	.....	22 k Ω
R 42	.....	1 k Ω , Poti, lin, 6 mm Achse
R 43	.....	10 k Ω
R 44, R 45	.....	10 k Ω
R 46	.....	82 k Ω
R 47	.....	560 k Ω
R 48	.....	33 k Ω
R 49	.....	470 Ω
R 50-R 52, R 54	.....	24 k Ω
R 53	.....	12 k Ω
R 55	.....	10 k Ω
R 56	.....	33 k Ω
R 57	.....	1 M Ω
R 58	.....	100 k Ω , Spindeltrimmer
R 59	.....	100 k Ω
R 60	.....	220 k Ω
R 61	.....	4,7 k Ω
R 62	.....	47 k Ω
R 63	.....	1 k Ω

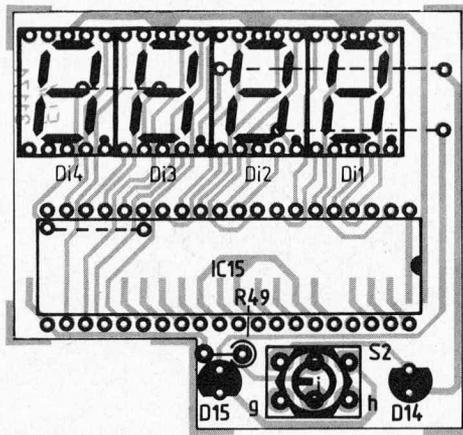
Sonstiges:

- Tr 1 prim.: 220 V, 7,5 VA
- sek.: 18 V, 0,1 A
- 9 V, 0,6 A
- Si 1 0,1 A
- S1, S2 Schalter, 2 x um
- 1 Platinensicherungshalter
- 1 Kühlkörper SK 13
- 1 Schraube M 3 x 10 mm
- 4 Schrauben M 4 x 30 mm
- 4 Schrauben M 3 x 30 mm
- 13 Muttern M 4
- 1 Mutter M 3
- 4 Lötösen 4,2 mm
- 2 Lötösen 6,2 mm
- 8 Lötstäbe
- 60 cm flexible Leitung
- 20 cm Silberdraht

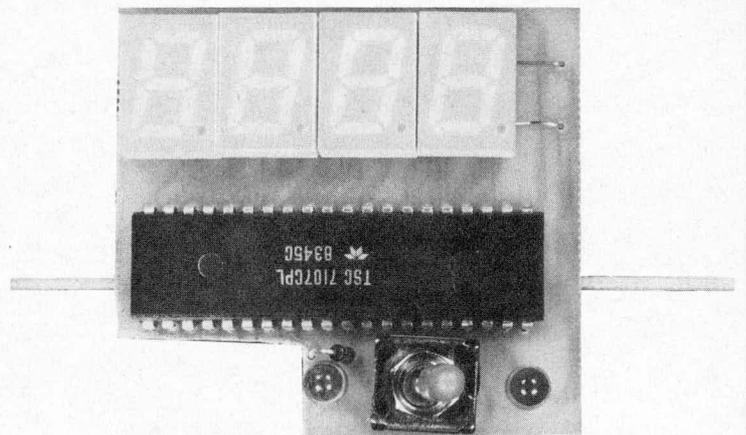
* Abweichung vom Nennwert $\pm 5\%$
 Abweichung untereinander max.
 $\pm 0,5\%$



Bestückungsseite der Basisplatte des ELV-Klirrfaktor-Meßgerät KMG 7000



Bestückungsseite der Anzeigenplatine des ELV-Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000



Ansicht der fertig bestückten Anzeigenplatine des ELV-Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000

Zum Nachbau

Die ausgezeichneten Meßdaten des ELV Klirrfaktor-Meßgerätes KMG 7000 lassen sich nur unter Verwendung qualitativ hochwertiger, eng tolerierter Bauelemente in Verbindung mit einer optimalen Leiterbahnführung realisieren. Um so wichtiger ist es, daß keine wichtigen Signalwege über lange flexible Leitungen geführt werden brauchen.

Die Bestückung der Platinen ist anhand der Bestückungspläne in gewohnter Weise vorzunehmen. Zunächst werden die passiven und dann die aktiven Bauelemente eingelötet.

Nachdem die Bestückung der Platinen noch einmal sorgfältig kontrolliert wurde, kann die Anzeigenplatine im rechten Winkel an die Basisplatine gelötet werden und zwar so, daß sie 19 mm unterhalb der Basisplatinenunterseite hervorsteht.

In die untere Gehäusehalbschale sind jetzt 4 Bohrungen mit einem Durchmesser von 4 mm einzubringen und zwar so, daß sie sich mit den in der Basisplatine befindlichen Befestigungsbohrungen decken. Die Ausmessung der Positionen ist möglichst sorgfältig vorzunehmen.

Von der Gehäuseunterseite werden jetzt 4 Schrauben M 4 x 30 mm durch den Gehäuseboden geführt.

Bevor die Schrauben mit 4 Muttern festgesetzt werden, ist jeweils eine Lötöse einzufügen, an die später der Schutzleiter der Netzzuleitung anzulöten ist.

Auf jede der 4 von unten in das Gehäuse hineinragenden Schrauben wird jetzt eine weitere Mutter ca. 5 mm weit aufgeschraubt. Anschließend kann die Basisplatine in die Gehäuseunterschale eingesetzt werden, so daß sie auf den soeben aufgeschraubten Muttern aufliegt. Vier weitere Muttern dienen dann der endgültigen Befestigung der Basisplatine.

Geringfügige Höhenkorrekturen der Basisplatine sind durch Verdrehen der Muttern leicht vorzunehmen. Wichtig ist, daß sowohl die digitale Anzeige als auch die Bohrungen für die drei Potentiometer in der richtigen Höhe liegen. Die Basisplatine ist jetzt noch einmal zu lockern, damit die Frontplatte in die untere Gehäusehalbschale eingesetzt werden kann, nachdem sie über die Potiachsen geschoben wurde.

Abschließend sind die Eingangs- und Ausgangsbuchsen sowie der Kippschalter S 2 mit flexiblen isolierten Leitungen mit den entsprechenden Anschlußpunkten auf der Basisplatine zu verbinden, wobei als Besonderheit der nicht auf der Platine befindliche Widerstand R 24 die Verbindung zwischen Punkt „e“ der Basisplatine und der linken Eingangsbuchse darstellt.

Die 3adrige Netzzuleitung mit angespritztem Schuko-Stecker wird durch die Zugentlastung in der Gehäuserückwand geführt, um dann mit den beiden Kippschalteranschlüssen des Netzschalters verbunden zu werden. Von den beiden Mittelabgriffen des Kippschalters führt die Zuleitung zu den beiden links neben dem Netztrafo angeordneten Anschlußpunkten.

Sämtliche von außen berührbaren leitenden Metallteile, wie Kippschalterhülse und Befestigungsschrauben am Gehäuseboden, sind mit dem Schutzleiter der Netzzuleitung zu verbinden. Hierzu sind entsprechende flexible isolierte Leitungen mit einem Querschnitt von mindestens 0,75 mm² an die vorher an Schrauben und Kippschaltern befestigten Lötösen anzulöten.

Auf die Einhaltung der VDE-Vorschriften ist zu achten.

Einstellung und Inbetriebnahme

Zur Kalibrierung des KMG 7000 sind keine besonderen Hilfsmittel und Meßgeräte erforderlich.

Zweckmäßigerweise mißt man direkt nach dem Einschalten die einzelnen Versorgungsgleichspannungen. Hierzu ist der Minusanschluß eines Spannungsmeßgerätes mit der Schaltungsmasse zu verbinden, während mit der Plusklemme nachfolgende Messungen durchgeführt werden sollten:

1. Am Ausgang des IC 1, d. h. an der Plusseite des Kondensators C 7, ist eine Spannung zwischen 4,5 und 5,5 V zu messen. Die gleiche Spannung muß ebenfalls an Pin 1 des IC 15 liegen.
2. Am Ausgang des IC 2 an der Plusseite des Kondensators C 8 muß eine Spannung anliegen, die sich möglichst im Bereich zwischen 11,5 und 12,5 V bewegen sollte. Werte zwischen 11,0 und 13,0 V sind noch zulässig, gehen jedoch schon zu Lasten der Anzeigegenauigkeit des KMG 7000. Bei größeren Abweichungen liegt entweder ein Defekt in der Schaltung vor (Lötfehler oder defektes

Bauteil) oder aber der Spannungsregler bewegt sich außerhalb seines Toleranzbereiches und ist durch einen anderen zu ersetzen.

3. Am Ausgang des IC 3 an der Minusseite des Kondensators C 9 ist eine Spannung zwischen -11,0 und -13,0 V zu messen. Diese Spannung trägt nur in sehr eingeschränktem Maße zur Genauigkeit des KMG 7000 bei und kann daher ohne Bedenken um +/- 1 V schwanken.

Sind vorstehend beschriebene Messungen zur Zufriedenheit verlaufen, wird das Poti R 27 zur Verstärkungseinstellung auf Linksanschlag gebracht.

Die Eingangsklemmen des Klirrfaktor-Meßgerätes sind mit einer kurzen Leitung zu überbrücken.

Mit Hilfe des Trimmers R 58 ist die Digital-Anzeige auf 0,00 einzustellen, wobei sich der Kippschalter S 2 in Stellung „0-20 %“ befindet. Die Nullpunkteinstellung ist damit bereits abgeschlossen, wobei Abweichungen von 1 bis 2 Digit im Bereich der Toleranz liegen.

Als nächstes ist der Kurzschluß am Eingang aufzuheben, und der Ausgang des Referenzoszillators wird mit dem Eingang des eigentlichen Klirrfaktor-Meßgerätes verbunden. Hierzu ist lediglich eine kurze Leitung erforderlich, da die beiden Masseklemmen bereits intern im Gerät verbunden sind.

Der Trimmer R 13 ist nun so einzustellen, daß auf der Anzeige ein Wert von 199,0 bis 199,9 erscheint. Der Schalter S 2 steht hierbei in Stellung „100,0 %“. Steht ein Oszilloskop zur Verfügung, kann gleichzeitig an Pin 6 des OP 8 das Signal überprüft werden. Die Amplitude sollte einen Wert von 8,000 V_{SS} aufweisen, entsprechend 2,828 V_{eff}.

Die Ausgangsamplitude des Referenzoszillators muß jetzt 2,000 V_{SS}, entsprechend 0,707 V_{eff}, betragen.

Liegen die Abweichungen bei den beiden letztgenannten Meßwerten über 5 % empfiehlt es sich, die Bauteildimensionierung im Bereich der Widerstände R 25 bis R 32 zu überprüfen sowie den Spannungswert am IC 2, der möglichst zwischen 11,5 und 12,5 V liegen sollte.

Damit ist der Nachbau und Abgleich dieses qualitativ hochwertigen Audio-Meßgerätes bereits beendet.