



Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul
GERÄTE DER ELEKTRONISCHEN MESSTECHNIK

Meßverstärker M 60 T



Abbildung 1

1. Gerätebeschreibung

1.1 Verwendungszweck

Der volltransistorisierte Meßverstärker M 60 T wird in Laboratorien, Prüffeldern, in der Akustik, Schwingungsmesstechnik, Regelungstechnik und überall dort eingesetzt, wo kleine Spannungen im Niederfrequenzbereich definiert verstärkt werden sollen.

Außerdem gestattet der Meßverstärker M 60 T dank seines hohen Eingangswiderstandes von $R_e \approx 100 \text{ MOhm}$ die Anpassung von hochohmigen Spannungsquellen an niederohmige Verbraucher, oder die Anpassung von Verbrauchern mit 600 Ohm Eingangswiderstand an Spannungsquellen mit beliebigen Innenwiderständen. Das Gerät kann sowohl an das 220 V Netz, als auch an externe Batterien angeschlossen werden. Es ist also auch ein universeller mobiler Einsatz möglich, der den Anwendungsbereich bedeutend erweitert. Bei entsprechender Gerätekombination lassen sich mit dem Meßverstärker M 60 T eine Fülle von Aufgaben lösen. Einige Anwendungsbeispiele werden im Abschnitt 3 erläutert.

1.2 Beschreibung des Aufbaues

Der Meßverstärker ist in einem modernen Aluminium-Flachgehäuse in Schalenbauweise untergebracht.

Auf der Frontplatte befinden sich alle Bedienelemente. Die Buchsen für den Batterieanschluß, der Netzanschluß sowie die dazugehörigen Sicherungen befinden sich an der Geräterückseite.

Nach Lösen der M4 Senkschrauben an den beiden Geräteseiten lassen sich das U-förmige Gehäuseoberteil nach oben und die Bodenplatte nach unten abnehmen. Danach ist das Geräteinnere gut zugänglich. Drei von den 4 Leiterplatten sind als Spannungsteilerleiterplatten organisch mit dem Bereichumschalter verbunden.

Abb. 2 zeigt das geöffnete Gerät und läßt die Anordnung der Bauteile und Baugruppen erkennen:

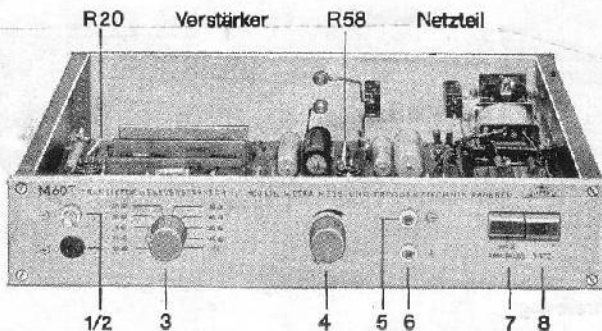


Abbildung 2

- 1 Eingangsbuchse für Mikrostecker
- 2 Eingangsbuchse für HF-Stecker
- 3 Verstärkungsbereichumschalter
- 4 Regler für stufenlose Verstärkungsreglung
- 5 Ausgangsbuchse
- 6 Ausgangserdbuchse
- 7 Tastenschalter für Abschluß 600 Ohm, gedrückt 600 Ohm ein.
- 8 Tastenschalter Netz, gedrückt Netz ein.

Auf der Leiterplatte LP 1 befindet sich die Feldeffekttransistoreingangsstufe und die beiden Regler R4 und R9

1.3 Wirkungsweise

Von den Eingangsbuchsen gelangt die Eingangsspannung direkt oder durch einen kapazitiven 40 dB Spannungsteiler auf den Feldeffekttransistor T1. Dem kapazitiven Spannungsteiler liegt ein ohmscher Spannungsteiler parallel, der bei tiefen Frequenzen wirksam ist.

Die Eingangsstufe mit T1 realisiert den erforderlichen hohen Eingangswiderstand bei einer Verstärkung ≈ 1 . Es folgt der 2. Spannungsteiler, der eine Dämpfung in 10 dB Schritten gestattet und außerdem durch R 12 eine stufenlose Reglung von der maxi-

malen Verstärkung bis zur Verstärkung 0 ermöglicht. Der Verstärkerblock mit den Transistoren T2, T3, T4 arbeitet auf den 3. Spannungsteiler, der wiederum eine Dämpfung in 10 dB Schritten gestattet. Die Spannungsteiler 1, 2 und 3 sind mechanisch gekoppelt und so ausgelegt, daß ein günstiges Verhältnis bezüglich Störspannung und Übersteuerungsreserve erreicht wird. Der Verstärkerblock mit den Transistoren T5 bis T10 dient nochmals der Spannungsverstärkung, der Erzielung eines kleinen Innenwiderstandes und der erforderlichen Ausgangsspannung. Der Transistor T5 sichert das Erreichen der maximalen Ausgangsspannung auch bei Temperaturänderungen. Die Einstellung der exakten 60 dB Verstärkung erfolgt durch den von außen nicht zugänglichen Regler R 20.

Die extrem starke Gegenkopplung, das elektronisch stabilisierte Netzteil in Verbindung mit der gewählten Gesamtschaltungskonzeption sichern eine gute Konstanz der Verstärkung, die weitgehend unabhängig von den Transistorkennwerten ist. Eine Eichung ist daher im allgemeinen nur nach Eingriffen in die Schaltung oder außergewöhnlichen Belastungen erforderlich.

1.4 Technische Daten

Verstärkung in 10 dB Stufen	- 20 dB bis 60 dB
Verstärkung stufenlos einstellbar	0 ... 1000fach
Frequenzgang	1 Hz ... 100 kHz \pm 3 dB 2 Hz ... 50 kHz \pm 1 dB
Eingangswiderstand	\geq 100 M Ω
Eingangskapazität	\approx 15 pF
Innenwiderstand am Ausgang	600 Ω
Abschlußwiderstand R _a	abschaltbar 600 Ω
max. Ausgangsspannung bei R _a 600 Ω	\geq 3 V
max. Ausgangsspannung bei Leerlauf	\geq 7 V
Störspannung b. 60 dB auf Eingang bez.	8 μ V typischer Wert 15 μ V Maximalwert
Netzteil	elektronisch geregelt
Netzspannungsabhängigkeit der Verstärkung von 180 V bis 250 V Netzspannung	$<$ \pm 0,05 dB
Batteriespannungsabhängigkeit der Verstärkung von 20 V bis 26 V Batteriespannung	\pm 0,1 dB
Transistorbestückung	1 x 2 N 3368 6 x SF 215 4 x SF 216 1 x SF 128
Diodenbestückung	1 x SAY 30 1 x SZX 18/6,8 5 x GY 102 1 x SZX 18/24
Abmessungen	340 mm x 230 mm x 75 mm
Masse	2,6 kg

2. Bedienungsanleitung

2.1 Vorbereitung zur Messung

Das Gerät wird über eine Geräteschnur an das 220 V Wechselspannungsnetz oder an eine 24-V-Batterie angeschlossen. Bei Batteriebetrieb ist unbedingt darauf zu achten, daß der + Pol der Batterie mit der + Batteriebuchse des Gerätes verbunden wird. Gleiches gilt für den - Pol.

Durch Drücken der roten Netztaete wird das Gerät bei Netzbetrieb eingeschaltet, wobei die Tastenkontrollampe aufleuchtet. In dieser Schaltstellung sind die Batterien abgeschaltet. Durch nochmaliges Drücken der Netztaete können die externen Batterien eingeschaltet werden, die Taete ragt in dieser Stellung etwas weiter aus dem Gerät heraus. Bei Batteriebetrieb arbeitet die Kontrollampe nicht, da sie mehr Strom verbraucht als das Gerät, wurde auf eine Anzeige verzichtet.

Nach einer Einlaufzeit von ca. 15 sec kann mit der Messung begonnen werden.

Beide Eingangsbuchsen sind parallel geschaltet, so daß wahlweise ein abgeschirmtes Kabel mit Mikrostecker oder HF-Stecker angeschlossen werden kann.

2.2 Eichung

Durch die hohe Konstanz der Verstärkung, den geringen Temperaturgang und die geringe Netzspannungsabhängigkeit konnte auf eine Eichereinrichtung mit von außen zugänglichen Verstärkungsregler verzichtet werden. Sollte jedoch z. B. nach einem Eingriff in die Schaltung eine Nacheichung erforderlich sein, so ist wie folgt zu verfahren: Grüne Taete drücken, d. h. Abschlußwiderstand einschalten, Bereichsschalter auf 0 dB schalten. Auf den Eingang eine Spannung von ca. 1 V ca. 1 kHz anlegen und diese Spannung mit einem Spannungsmesser, welcher einen Eingangswiderstand $> 1 \text{ MOhm}$ hat (Röhrenvoltmeter) messen. Eingangsspannung auf genau 1 V einstellen. Anschließend den Spannungsmesser an den Verstärkerausgang anschließen. Der Spannungsmesser muß wiederum 1 V anzeigen. Ist dies nicht der Fall, so ist mit R 20 nach Öffnen des Gerätes auf 1 V Ausgangsspannung einzuregeln.

2.3 Durchführung von Messungen

Die zu verstärkende Spannung wird über eine abgeschirmte Leitung der Eingangsbuchse 1 oder 2 zugeführt. Die Massen der Eingangsbuchsen sind vom Gehäuse isoliert und untereinander verbunden. Mit dem Stufenschalter 3 wird die gewünschte Verstärkung eingeschaltet. Soll mit stufenloser Regelung gearbeitet werden, so ist der Stufenschalter 3 auf sl zu schalten. Mit dem Regler sl 4 kann dann jeder Zwischenwert eingestellt werden. In den übrigen Stellungen des Verstärkungsbereichsumschalters 3 ist der Regler 4 außer Betrieb, d. h. seine Stellung ohne Einfluß auf die Verstärkung. Die am Verstärkungsbereichsumschalter 3 angegebenen dB-Werte gelten für den Betrieb des Verstärkers mit 600 Ohm Abschluß. Es ist dabei gleichgültig, ob ein Gerät mit 600 Ohm Eingangswiderstand (z. B. handelsübliches Oktavfilter) angeschlossen wird und hierbei der eingebaute Abschlußwiderstand ausgeschaltet ist, oder ob ein Gerät mit hochohmigem Eingang (z. B. Röhrenvoltmeter) angeschlossen wird, und nun der eingebaute Abschlußwiderstand eingeschaltet wird.

Werden an den Verstärkerausgang Geräte mit hochohmigem Eingang angeschlossen und ist dabei der eingebaute Abschlußwiderstand ausgeschaltet (grüne Taste steht weiter aus dem Gerät heraus) d. h. der Verstärker wird im Leerlauf betrieben, so beträgt die Verstärkung das Doppelte der angegebenen Werte. In diesem Fall ist die Verstärkung also jeweils 6 dB größer als angegeben. Der Verstärker ist in Dezibel geeicht (dB). Zwischen den dB-Werten und der Spannungsverstärkung besteht folgender Zusammenhang:

60 dB	=	1000fache Verstärkung
50 dB	=	316fache Verstärkung
40 dB	=	100fache Verstärkung
30 dB	=	31,6fache Verstärkung
20 dB	=	10fache Verstärkung
10 dB	=	3,16fache Verstärkung
0 dB	=	1fache Verstärkung
- 10 dB	=	3,16fache Dämpfung
- 20 dB	=	10fache Dämpfung

Die verstärkte Ausgangsspannung wird an den Ausgangsbuchsen 5 und 6 abgenommen, die Ausgangserdbuchse 6 ist mit Masse verbunden. Beim Aufbau von Meßschaltungen ist darauf zu achten, daß keine Erdschleifen entstehen, die zu Brummerscheinungen führen können.

3. Anwendungsbeispiele

3.1 Messung kleiner Wechselspannungen

Es sollen Spannungen gemessen werden, die so klein sind, daß sie mit einem normalen Transistorvoltmeter nicht mehr nachgewiesen werden können oder mit einem Katodenstrahloszillographen nicht mehr zu erkennen sind. Die zu messende Spannung wird an den Verstärkereingang gelegt, definiert verstärkt und am Verstärkerausgang mit einem Transistorvoltmeter gemessen oder mit einem Katodenstrahloszillografen nachgewiesen. Auf diese Weise ist es z. B. noch möglich, mit einem normalen Transistorvoltmeter Spannungen von $30 \mu\text{V}$ zu messen. Zur Auswertung des Meßergebnisses ist die am Transistorvoltmeter abgelesene Spannung durch die am Verstärker eingestellte Verstärkung zu dividieren, man erhält so die am Verstärkereingang liegende Spannung. Es empfiehlt sich bei derartigen Messungen mit einer Verstärkung von 60 dB zu arbeiten, da dann die am Transistorvoltmeter abgelesenen Millivoltwerte ohne Umrechnung als Mikrovoltwerte angesehen werden können (60 dB = 1000fache Verstärkung).

Beispiel: Da mit einem Transistorvoltmeter gemessen wird, welches einen hochohmigen Eingangswiderstand besitzt, wird der Abschlußwiderstand auf „600 Ohm ein“ geschaltet. Das an den Meßverstärker angeschlossene Transistorvoltmeter zeigt bei einer Verstärkung von 60 dB z. B. 35 mV an. Die zu ermittelnde Spannung ergibt sich somit zu: $35 \text{ mV} : 1000 = 35 \mu\text{V}$.

3.2 Anwendung des Meßverstärkers mit einem Vielfachmesser als Transistorvoltmeter

Wird an den Verstärkerausgang ein handelsüblicher Vielfachmesser angeschlossen, so können mit dieser Kombination Spannungen gemessen werden, wie dies sonst nur mit einem Transistorvoltmeter möglich ist. Es ist jedoch auf den richtigen Anschlußwiderstand sowie die Grenzfrequenzen des verwendeten Instrumentes zu achten.

Beispiel: Ein Vielfachmesser hat im gewählten Spannungsmeßbereich einen Innenwiderstand von 1500 Ohm. Es muß also bei abgeschaltetem Verstärkerabschlußwiderstand ein Widerstand von 1 kOhm parallel geschaltet werden (1,5 kOhm || 1 kOhm = 600 Ohm).

3.3 Messungen an hochohmigen Spannungsquellen

Bei Messungen an Spannungsquellen mit sehr hohem Innenwiderstand ergibt sich bei Anwendung normaler Röhren- oder Transistorvoltmeter ein zu großer Meßfehler, da die Spannungsquellen durch die Meßgeräte zu stark belastet werden. Ein Meßfehler von nur 1% ergibt sich, wenn der Eingangswiderstand des Röhren- oder Transistorvoltmeters 100mal größer ist, als der Innenwiderstand der zu messenden Spannungsquelle.

Beispiel: Eine Spannungsquelle besitzt einen Innenwiderstand von 1 MOhm. Wird nun mit einem Röhrenvoltmeter mit 1 MOhm Eingangswiderstand gemessen, so wird die tatsächliche Spannung um 50% zu niedrig angezeigt. Wird eine Messung an der gleichen Spannungsquelle unter Vorschaltung des Meßverstärkers mit einem Eingangswiderstand von 100 MOhm vorgenommen, so ergibt sich nur ein Meßfehler von 1%.

3.4 Anpassung an Geräte mit 600 Ohm Eingangswiderstand

Verschiedene Geräte arbeiten nur dann einwandfrei, wenn die vorgeschalteten Geräte einen Ausgangswiderstand von 600 Ohm haben. Ein Anschluß von Geräten mit 600 Ohm Eingangswiderstand an Geräte mit beliebigem Ausgangswiderstand ist daher oft nur durch Zwischenschaltung eines Meßverstärkers M 60 T möglich.

Beispiel: An den Ausgang eines Magnetbandspeichers soll ein Oktavfilter mit 600 Ohm Eingangswiderstand angeschlossen werden. Ein direkter Anschluß führt zu Meßfehlern durch Änderung der Durchlaßkurve bzw. der Grunddämpfung. Es muß daher ein Meßverstärker zwischengeschaltet werden. Der Abschlußwiderstand des Meßverstärkers wird abgeschaltet, da der Meßverstärker durch das Filter ordnungsgemäß mit 600 Ohm belastet wird. Der Abschlußwiderstand des Filters dagegen muß eingeschaltet werden, da das angeschlossene Transistorvoltmeter hochohmig ist und das Filter einen 600 Ohm Abschluß verlangt.

3.5 Durchführung von Schwingungsmessungen

Der Meßverstärker M 60 T eignet sich in Verbindung mit piezoelektrischen Schwingungsaufnehmern vorzüglich für Beschleunigungsmessungen. Der Schwingungsaufnehmer wird über ein abgeschirmtes Kabel mit dem Meßverstärkereingang verbunden. Soll über den gesamten Frequenzbereich gemessen werden, so kann an den Meßverstärkerausgang ein Transistorvoltmeter direkt angeschlossen werden. Der Verstärkerabschlußwiderstand wird eingeschaltet. Sollen Frequenzanalysen durchgeführt werden, so wird zwischen Meßverstärker und Transistorvoltmeter ein Oktav- oder Terzfilter ge-

schaltet. In diesem Fall wird der Abschlußwiderstand des Meßverstärkers aus- und der Abschlußwiderstand des Oktav- oder Terzfilters eingeschaltet.

3.6 Anwendung des Meßverstärkers als Mikrofonvorverstärker

Der Meßverstärker wird als Vorverstärker verwendet, wenn die vom Mikrofon abgegebene Spannung nicht ausreicht um den Leistungsverstärker auszusteuern.

3.7 Mikrofoneichung im Vergleichsverfahren

Ist ein geeichtes Mikrofon vorhanden, so können Mikrofone mit unbekanntem Frequenzgang und unbekannter Empfindlichkeit danach geeicht werden. Die von dem geeichten Mikrofon bei einer bestimmten Frequenz abgegebene Spannung wird von einem Meßverstärker verstärkt und von einem Transistorvoltmeter gemessen. Die von dem zu eichenden Mikrofon abgegebene Spannung wird von einem zweiten Meßverstärker verstärkt und ebenfalls gemessen. Aus der Differenz beider Spannungen läßt sich der Frequenzgang und die Absolutempfindlichkeit des zu eichenden Mikrofons ermitteln.

3.8 Mikrofoneichung im Pistoton

In einer abgeschlossenen Kammer wird ein Mikrofon einem definierten Wechseldruck ausgesetzt, der mit Hilfe eines Kolbens erzeugt wird. Aus dem Wechseldruck und der vom Mikrofon abgegebenen und durch den Meßverstärker verstärkten Spannung läßt sich die Mikrofonempfindlichkeit bestimmen. Wird diese Messung bei verschiedenen Frequenzen durchgeführt, so läßt sich der Frequenzgang des Mikrofons ermitteln.

3.9 Lautstärkemessung

Die von einem geeichten Mikrofon abgegebene Spannung wird vom Meßverstärker verstärkt und entweder direkt oder bei Frequenzanalysen über Filter von einem Transistorvoltmeter gemessen. Aus Mikrofonempfindlichkeit, Verstärkung, und Filterdämpfung läßt sich der Schalldruck bzw. die Lautstärke errechnen.

3.10 Schalldämmungsmessung

Die Messung erfolgt analog zu Punkt 3.7. Über einen Lautsprecher wird ein Raum beschallt in welchem sich ein Mikrofon befindet. Im Nebenraum, der durch die zu untersuchende Wand getrennt ist, befindet sich ein zweites Mikrofon. Beide Mikrofonspannungen werden mit Meßverstärkern verstärkt und das Schallschleppmaß aus den beiden verstärkten Mikrofonspannungen ermittelt.

3.11 Nachhallzeitmessung

Der zu untersuchende Raum wird über einen Lautsprecher mit einem Rauschen beschallt. Die Spannung eines im Raum aufgestellten Mikrofons wird über einen Meßverstärker verstärkt und einem Pegelschreiber zugeführt und registriert. Gemessen wird die Zeit, während der der Schalldruck um 60 dB nach dem Abschalten des Lautsprechers abfällt.