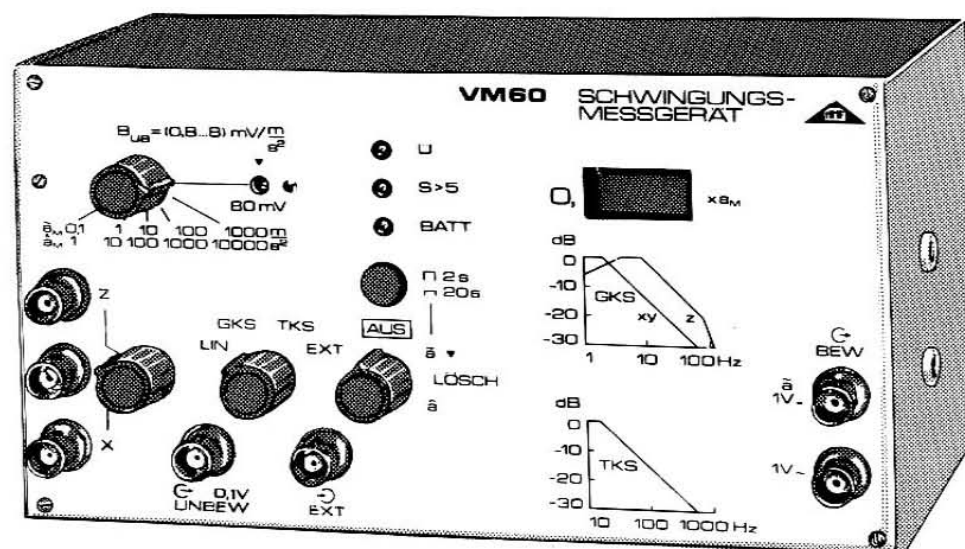


GERÄTE DER VIBRATIONSMESSTECHNIK

Schwingungsmeßgerät VM 60 BEDIENUNGSANLEITUNG



VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul
im VE Kombinat Präcitronic
8122, Radebeul 1, Wilhelm-Pieck-Straße 58

VEB Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul

8122 Radebeul, Wilhelm-Pieck-Str. 58

Technische Beschreibung und
B e d i e n u n g s a n l e i t u n g

Schwingungsmeßgerät VM 60

Ausgabe 08.89

INHALTSVERZEICHNIS	Seite
1. Verwendungszweck	4
2. Lieferumfang und Ergänzungsgeräte	4
2.1. Lieferumfang	4
2.2. Ergänzungsgeräte	5
3. Technische Daten	5
3.1. Gesamtgerät	5
3.2. Ein- und Ausgänge	11
3.3. Fehlergrenzen und Störgrößen	12
3.4. Arbeitsbedingungen und weitere Kennwerte	14
4. Arbeitsweise	15
5. Betriebsanleitung	19
5.1. Vorbereitung der Messung	19
5.1.1. Einsetzen der Batterien	19
5.1.2. Ankopplung des Aufnehmers an das Meßobjekt	19
5.1.3. Anschluß des Aufnehmers an das Gerät	19
5.2. Beschreibung der Bedienelemente	20
5.3. Kalibrierung der Meßkette	22
5.3.1. Mechanische Kalibrierung	22
5.3.2. Elektrische Kalibrierung	23
5.4. Durchführung von Messungen	25
5.4.1. Aufnehmer, Meßbereich und Anzeige	25
5.4.2. Effektivwert und Spitzenwert	25
5.4.3. Messen unbewerteter Schwingungsgrößen	26
5.4.4. Messen bewerteter Schwingungsgrößen	27
5.4.5. Übersteuerungen	28
5.4.6. Störeinflüsse	28
5.5. Anschluß externer Geräte	29
5.5.1. Messen mit externem Filter	29
5.5.2. Anschluß eines Oszilloskops	30
5.5.3. Anschluß eines Langzeitintegrators	30
5.5.4. Externe Stromversorgung	32

6.	Weitere Anwendungsmöglichkeiten	32
6.1.	Effektiv- und Spitzenwertvoltmeter	32
6.2.	Meßverstärker	32
7.	Überprüfung des Schwingungsmeßgerätes VM 60	33
7.1.	Prüfgänge	33
7.2.	Prüfmittel	34
7.3.	Durchführung der Überprüfung	34
7.4.	Gestaltung der Prüfergebnisse	38
8.	Mechanische Konstruktion, Demontage und Montage des Gerätes	39
9.	Beschreibung der Schaltung	40
9.1.	Kalibrator	40
9.2.	Eingangsverstärker	41
9.3.	Filter	41
9.4.	Gleichrichter	42
9.5.	Effektivwertbildner	42
9.6.	Spitzenwertbildner	42
9.7.	Digitalanzeige	43
9.8.	Übersteuerungsanzeige	44
9.9.	Stromversorgung	44
10.	Technische Wartung und Service	44
11.	Abgleichvorschrift	45
	Stückliste der elektrischen Bauelemente	47
	Schaltbilder	Beilagen

1. Verwendungszweck

Das Schwingungsmeßgerät VM 60 dient zur Bestimmung des Effektiv- und Spitzenwertes der Beschleunigung mechanischer Schwingungen. Das Gerät enthält die Bewertungsfilter zur standardisierten Messung von Ganz- und Teilkörperschwingungen und ist netzunabhängig, d.h. für den portablen Einsatz geeignet.

Das Hauptanwendungsgebiet ist die arbeitshygienische Untersuchung schwingungsbelasteter Arbeitsplätze. Darüber hinaus ist das VM 60 durch die Anschließbarkeit aller piezokeramischen Beschleunigungsaufnehmer auch für andere Aufgaben der Schwingungsmeßtechnik einsetzbar.

Folgende externe Geräte sind anschließbar:

- Oszilloskop zur Darstellung der unbewerteten und der bewerteten Schwingbeschleunigung
- externe Filter zur Frequenzanalyse, die für einen Nennpegel von 100 mV geeignet sind und im Durchlaßbereich 0 dB Verstärkung besitzen
- Registriergeräte, die mit einem Nennpegel von 1 V Gleich- oder Wechselspannung arbeiten (z.B. Integratoren, Pegelschreiber)
- Stromversorgung anstelle der eingebauten Batterien (10 bis 30 V)

2. Lieferumfang und Ergänzungsgeräte

2.1. Lieferumfang

- 1 Schwingungsmeßgerät VM 60
- 1 Tragetasche
- 1 Dokumentation
- 1 Garantieurkunde

2.2. Ergänzungsgeräte

- Beschleunigungsaufnehmer aus dem Sortiment des VEB Metra Radbeul. Für Ganzkörperschwingungen ist insbesondere der Dreikomponentenaufnehmer KB 103, für Teilkörperschwingungen der KD 34 und für allgemeine Messungen der KD 35 geeignet.
- Elektrodynamischer Eich Tisch 11032) Hersteller:
- Schmalbandfilter 01025)
- Oktavfilter 01016) VEB Robotron-Meßelektronik
- Terz-Oktav-Filter 01017) "Otto Schön" Dresden
- Verlängerungskabel 5 m 010/ 5
- " " 10 m 010/10
- Verbindungsstecker 016 für Verlängerungskabel

3. Technische Daten

3.1. Gesamtgerät

Meßgrößen

Effektiv- und Spitzenwert der Schwingbeschleunigung

Meßbereiche für Effektivwert

- | | |
|---|---|
| - mit Aufnehmer
0,8 bis 8 mV/(m.s ⁻²) | lt. Frontplattenaufdruck
0 bis 0,1/1/10/100/1000 m.s ⁻² |
| - mit Aufnehmer
8 bis 80 mV/(m.s ⁻²) | alle Meßbereiche x 0,1 |
| - mit Aufnehmer KB 12 | alle Meßbereiche x 0,01 |
| - mit Aufnehmer
0,08 bis 0,8 mV/(m.s ⁻²) | alle Meßbereiche x 10 |

Meßbereiche für Spitzenwert

Meßbereiche für Effektivwert
x 10 (Bei Spitzenwertmessung ist das Gerät bis jeweils mind. 50 % des Meßbereichsendwertes aussteuerbar.)

kleinste auswertbare Meßgrößen (Effektivwerte)	LINEAR	GKS, TKS
- mit Aufnehmer KB 103	0,03 m.s ⁻²	0,01 m.s ⁻²
- mit Aufnehmer KD 35	0,01 m.s ⁻²	0,003 m.s ⁻²
- mit Aufnehmer KB 12	0,0002 m.s ⁻²	0,0001 m.s ⁻²
	für jeweils typ. 10 dB (mind. 5 dB) Störabstand	
Amplitudenfrequenzgang (gemessen mit Aufnehmerersatz- kapazität 1 nF)		
- Betriebsart LINEAR		
empfindlichster Meßbereich	0,3 Hz bis 3 kHz; -3 bis +1 dB 1 Hz bis 1 kHz; <u>±</u> 0,5 dB	
andere Meßbereiche	0,3 Hz bis 10 kHz; -3 bis +1 dB 1 Hz bis 3 kHz; <u>±</u> 0,5 dB	
- Betriebsart GKS, Eingänge x,y	siehe Bild 1	
- Betriebsart GKS, Eingang z	siehe Bild 2	
- Betriebsart TKS	siehe Bild 3	
Maximal verarbeitbarer Spitzen- wert im Signalweg des Gerätes	mind. 14 dB über Meßbereichsend- wert für Effektivwert	
Übersteuerungsreserve vor dem Bewertungsfilter (Effektivwert)		
	typ. 20 dB (mind. 18 dB)	

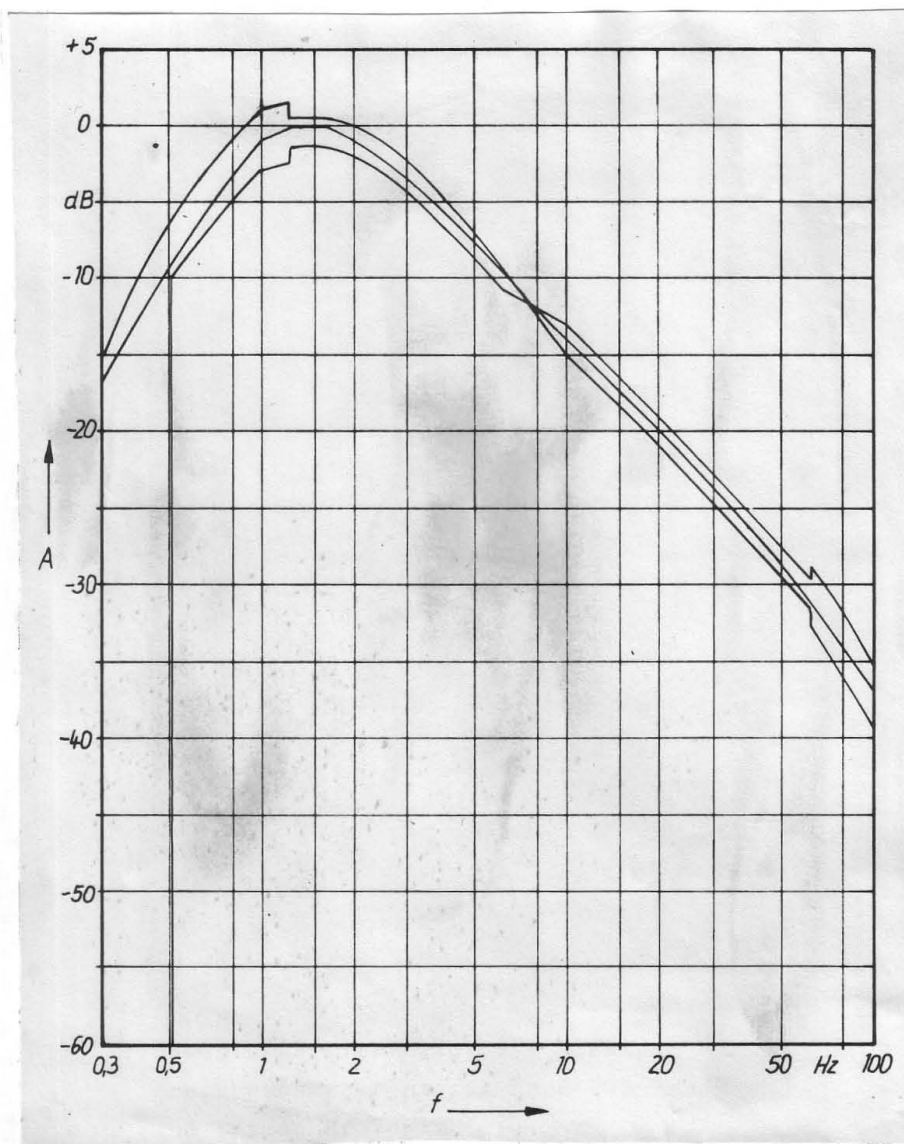


Bild 1: Bewertungsfilter GKS, xy- Richtung
Frequenzcharakteristik nach TGL 39939
und typischer Verlauf .

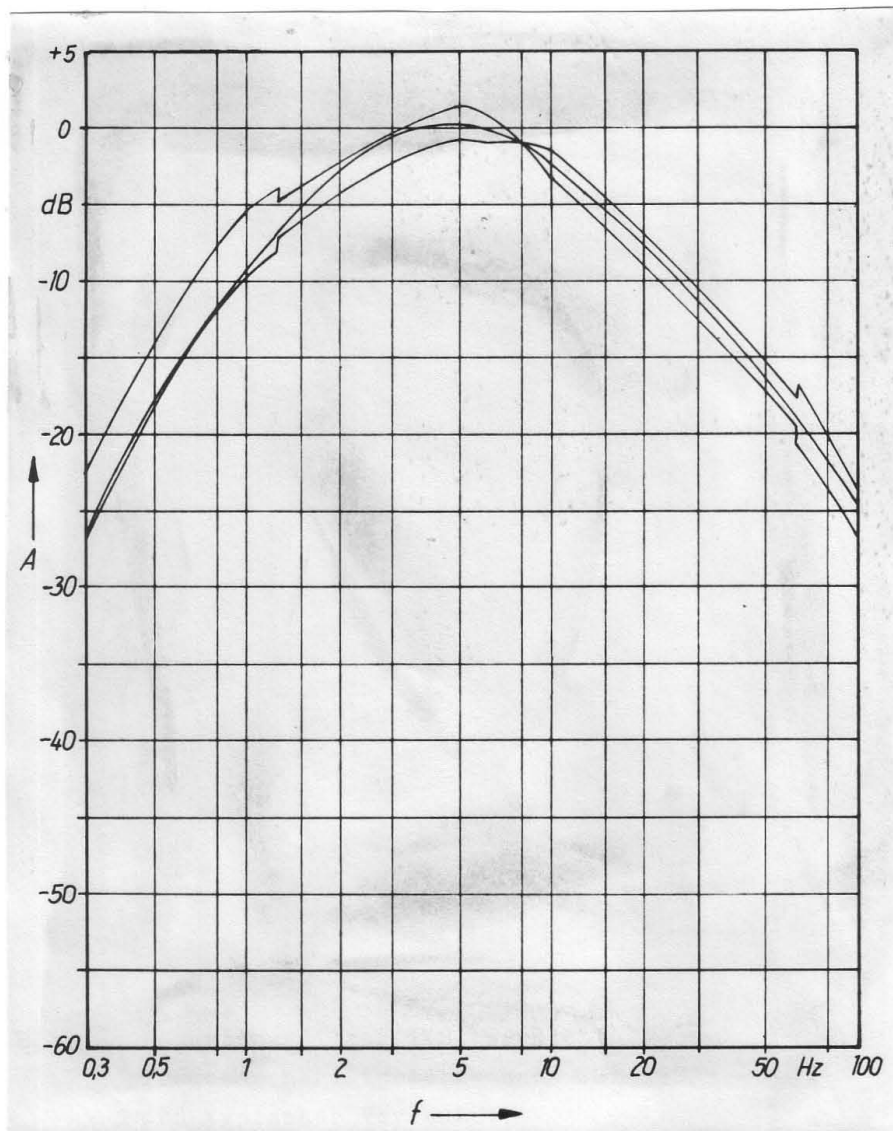


Bild 2: Bewertungsfilter GKS, z- Richtung
Frequenzcharakteristik nach TGL 39939
und typischer Verlauf

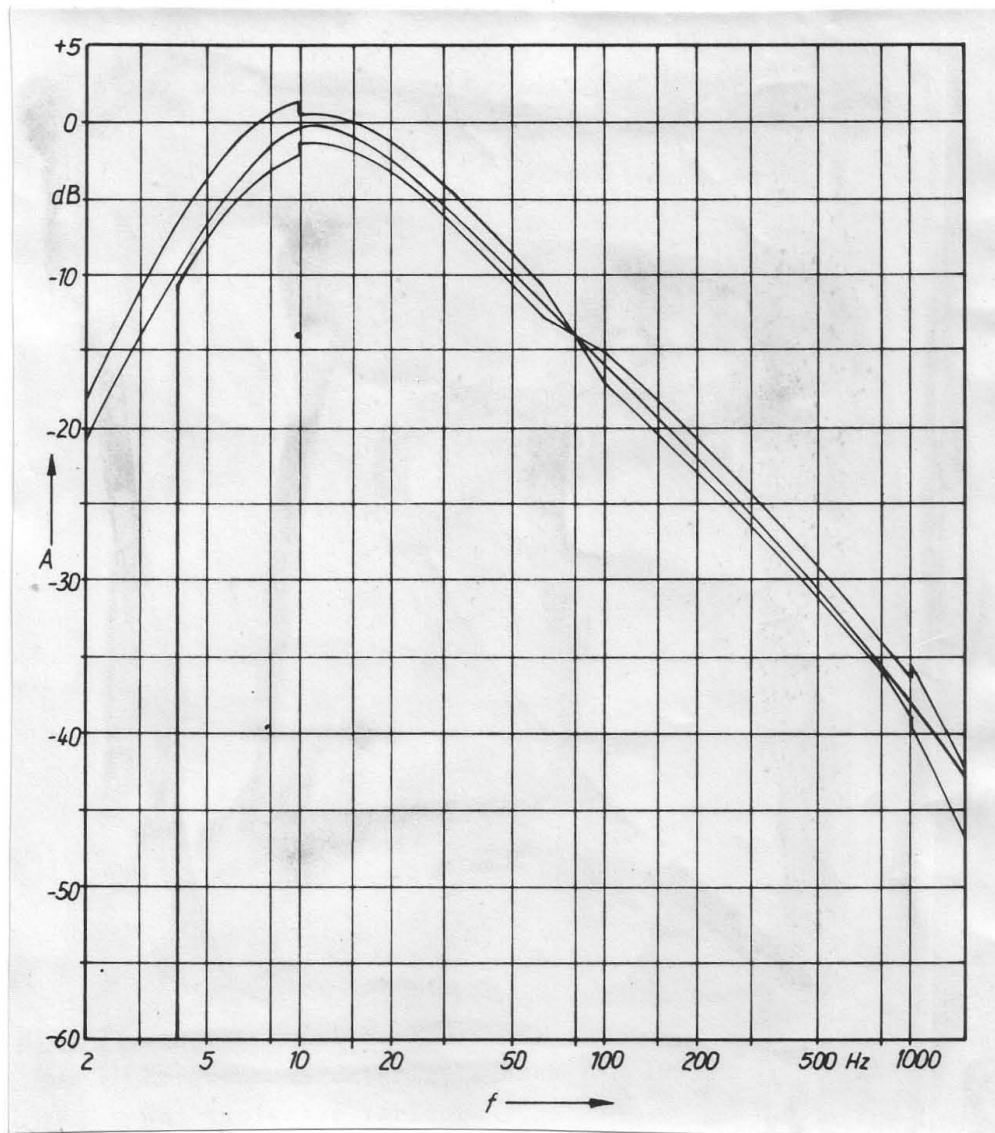


Bild 3: Bewertungsfilter TKS,
Frequenzcharakteristik nach TGL 39939
und typischer Verlauf

Integrationszeitkonstanten der
Effektivwertmessung

"2 s" 2,2 $\begin{smallmatrix} +0,7 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$ s

"20 s" 22 $\begin{smallmatrix} +7 \\ -5 \end{smallmatrix}$ s

Spitzenwertmessung

von periodischen Vorgängen und
Einzelimpulsen ohne Umschaltung
möglich

- minimale Impulsdauer

typisch 25 μ s (max. 100 μ s)

Anzeige

dreistellige LCD-Anzeige

Übersteuerungsanzeige

durch LED, Kontrollpunkte vor und
hinter dem Bewertungsfilter

Scheitelfaktorkontrolle

automatische Anzeige durch LED
bei S größer 5

Batteriekontrolle

LED blinkt bei Unterspannung
(U_B kleiner 6,6 V)

Kalibrierung

- mechanisch

mit elektrodynamischem Eich Tisch
11032 (Hersteller: VEB Robotron-
Meßelektronik "Otto Schön" Dres-
den)

- elektrisch

mit eingebautem Sinusgenerator
bei angeschlossenem Aufnehmer

Kalibriereinstellbereich

größer 20 dB

Kalibrierspannung

(80 $\pm$ 0,8) mV

Kalibrierfrequenz

(125 $\pm$ 5) Hz

3.2. Ein- und Ausgänge

Eingangsbuchsen x, y und z

Eingänge für Aufnehmer der 3 Raumrichtungen bzw. eines Dreikomponentenaufnehmers (Betriebsart GKS). In den Betriebsarten LINEAR, TKS und EXTERN sind die Eingänge gleichberechtigt.

Eingangsimpedanz 345 pF parallel 400 MOhm

Ausgangsbuchse 0,1 V unbewertet (kurzschlußfest)

Ausgang zum Anschluß eines Oszilloskops und/ oder eines externen Filters

Ausgangswiderstand max. 50 Ohm

Nennausgangsspannung 100 mV

maximaler Spitzenwert mind. 5 V bei R_L mind. 20 kOhm

Eingangsbuchse EXT

Eingang zum Anschluß eines externen Filters

Nenn Eingangsspannung 100 mV

maximal verarbeitbarer

Spitzenwert mind. 0,5 V

maximal zulässiger Spitzenwert 10 V

Eingangswiderstand mind. 50 kOhm

Ausgangsbuchse 1 V ~ bewertet (kurzschlußfest)

Ausgang zum Anschluß eines Oszilloskops und/ oder eines Registriergerätes

Nennausgangsspannung 1 V

maximaler Spitzenwert mind. 5 V bei R_L mind. 20 kOhm *)

Ausgangswiderstand 1 kOhm $\pm 5\%$

*) Bei R_L kleiner 20 kOhm erhöht sich außerdem die untere Grenzfrequenz des Gerätes (bei $R_L = 5$ kOhm wird f_u typ. 0,5 Hz, -3 dB und bei Kurzschluß f_u typ. 1,6 Hz, -3 dB).

Ausgangsbuchse 1 V = bewertet	(kurzschlußfest)
Ausgang zum Anschluß von Registriergeräten, z.B. Integratoren	
Meßgröße	Effektivwert der Beschleunigung und der Geschwindigkeit (auch bei Betriebsart Spitzenwert)
Nennausgangsspannung	1 V
maximale Ausgangsspannung	typ. 5,3 V für Sinus
Innenwiderstand	1 kOhm $\pm 5\%$

3.3. Fehlergrenzen und Störgrößen

Grundfehler der Effektivwertanzeige, der Spitzenwertanzeige, des Gleich- und des Wechselspannungsausganges nach elektrischer Kalibrierung und Anschluß eines Standardbeschleunigungsaufnehmers (z.B. KD 35) bei

- Referenzbedingungen (s. Abschn. 3.4.)
- 125 Hz Signalfrequenz
- Meßbereiche 1 bis 1000 m.s⁻² (lt. Frontplattenaufdruck) max. 1 dB

Grundfehler wie oben, empfindlichster Meßbereich max. 1,5 dB

Zusatzfehler im Arbeitsklimabereich (siehe Abschnitt 3.4.) max. 1 dB

Zusatzfehler bei beliebiger Signalform und Scheitelfaktor kleiner 5 gegenüber effektivwertgleichem Sinussignal max. 1 dB

Störeinfluß

(gemessen mit Aufnehmerersatz-
kapazität 1 nF),
Gerät kalibriert auf

$$B_a = 5 \text{ mV}/(\text{m.s}^{-2})$$

- eines magnetischen Wechsel-
feldes von $H = 100 \text{ A/m}$,

$$f = 50 \text{ Hz}$$

Betriebsart LINEAR

$$\text{kleiner } 0,05 \text{ m.s}^{-2}$$

Betriebsart GKS

$$\text{kleiner } 0,01 \text{ m.s}^{-2}$$

Betriebsart TKS

$$\text{kleiner } 0,03 \text{ m.s}^{-2}$$

- mechanischer Schwingungen

$$a = 10 \text{ m.s}^{-2}, f \text{ max. } 10 \text{ Hz}$$

empfindlichster Meßbereich,

alle Betriebsarten

$$\text{kleiner } 0,01 \text{ m.s}^{-2} \text{ bzw.}$$

Ausgangsstörspannung am 1-V-
Wechselspannungsausgang, Gerät
kalibriert auf

$$B_a = 5 \text{ mV}/(\text{m.s}^{-2})$$

Betriebsart LINEAR,

$$\text{Bereich } 0,1 \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{typ. } 20 \text{ mV}$$

$$\text{Bereich } 1 \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{typ. } 2 \text{ mV}$$

$$\text{Bereich } (10 \text{ bis } 1000) \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{typ. } 0,2 \text{ mV}$$

Betriebsart GKS,

$$\text{Bereich } 0,1 \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{typ. } 10 \text{ mV}$$

$$\text{Bereich } 1 \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{typ. } 1 \text{ mV}$$

$$\text{Bereich } (10 \text{ bis } 1000) \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{typ. } 0,1 \text{ mV}$$

Betriebsart TKS,

$$\text{Bereich } 0,1 \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{typ. } 6 \text{ mV}$$

$$\text{Bereich } 1 \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{typ. } 0,6 \text{ mV}$$

$$\text{Bereich } (10 \text{ bis } 1000) \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{typ. } 0,1 \text{ mV}$$

3.4. Arbeitsbedingungen und weitere Kennwerte

Referenzbedingungen

- Umgebungstemperatur	$23^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$
- relative Luftfeuchte	45 bis 75 %
- Luftdruck	86 bis 106 kPa
- Globalstrahlung	indirekt
- Batteriespannung	$(9 \pm 0,5)\text{ V}$

Arbeitsbedingungen

Einsatzgruppe C nach TGL 14283/05

- Umgebungstemperatur	-10 bis 50°C *)
- relative Luftfeuchte	max. 90 % bei 30°C (Jahresmittel max. 70 %. Dabei sind an max. 60 Tagen 80 % und an max. 30 Tagen 90 %, in natürlicher Weise über das Jahr verteilt, zulässig).

Stromversorgung

	6 x Babyzelle R 14 (9 V) oder extern (10 bis 30) V Gleichspannung
- Stromaufnahme bei interner Versorgung	etwa 30 mA (bei Übersteuerung, S größer 5 oder Unterspannung bis etwa 70 mA)
- Betriebsdauer mit einem Satz Batterien	etwa 30 h

- *) Der Arbeitstemperaturbereich wird i.a. durch die verwendeten Batterien eingeschränkt (R 14 - Zellen nach TGL 7487: -5°C bis $+45^{\circ}\text{C}$). Der volle Temperaturbereich gilt dann nur bei externer Stromversorgung.

Masse und Abmessungen

- VM 60	B x H x T	225 mm x 120 mm x 130 mm
- Masse mit Batterien		etwa 2 kg
- Tragetasche	B x H x T	280 mm x 160 mm x 150 mm

Lager- und Transportbedingungen

Umgebungstemperatur ohne

Batterien -25 °C bis +55 °C

Mechanische Festigkeit

Beanspruchungsgruppen G 31 und T 31

nach TGL 200-0057

Stoßfestigkeitsprüfklassen

Meßgerät unverpackt Eb 6-250-12000/3

Meßgerät mit Tragetasche
und Zubehör Eb 6-250- 3000/3

Schutzgüte

- Schutzklasse nach TGL 21366 III

- Schutzgrad nach TGL RGW 778 IP 20

Schutzgüte ist gewährleistet, es gibt keine verbleibenden Gefährdungen und Erschwernisse.

4. Arbeitsweise

Bild 4 zeigt die Frontplattenansicht und Bild 5 das Prinzipschaltbild des Gerätes.

Die vom Aufnehmer erzeugte beschleunigungsproportionale Spannung gelangt über den Eingang auf den kapazitiven Spannungsteiler. Je nach Stellung des Meßbereichsschalters S1 wird bei 0 dB, -20 oder -40 dB abgegriffen und im Eingangsverstärker V1 um 0 dB, +20 oder +40 dB verstärkt. Im Verstärker V2 wird mittels Kalibriersteller (▼) die Meßgröße mit der Anzeige in einen dekadischen Zusammenhang gebracht. Durch den Kalibrierbereich von größer als einer Dekade kann die Meßkette für beliebige Aufnehmerübertragungsfaktoren kalibriert werden.

Danach gelangt das Signal über das umschaltbare Bewertungsfilter, über ein extern angeschlossenes Filter oder direkt auf den Verstärker V3, der es auf den Nennpegel von 1 V Effektivwert verstärkt.

Vor und hinter dem Bewertungsfilter wird auf eventuelle Übersteuerungen des Signals kontrolliert, wobei eine positive Übersteuerung bei periodischen Signalen zu einem Blinken und eine negative Übersteuerung zu dauerndem Leuchten der gemeinsamen LED führt.

Nach dem sich anschließendem Gleichrichter teilt sich der Signalweg in Effektivwert- und Spitzenwertbildung.

Der Effektivwertbildner ist eine Rechenschaltung, die den logarithmischen Verlauf der U_{BE} (I_c)-Kennlinie von Transistoren ausnutzt.

Mit dem Schalter S3 sind 2 Integrationszeitkonstanten (2 s, 20 s) wählbar.

Der Spitzenwertbildner stellt einen analogen Extremwertspeicher dar, dessen Komparatorsignal (Umschaltung zwischen

Messen: $\frac{dU}{dt} \geq 0$ und Spitzenwert halten: $\frac{dU}{dt} < 0$)

den Analog-Digital-Umsetzer bzw. dessen integrierten Digital-speicher steuert.

Damit gibt es kein Absinken der Anzeige durch Leckströme, und es können einmalige Vorgänge erfaßt werden. Der analoge Speicher besitzt eine definierte Zeitkonstante (ca. 30 s), so daß bei einmaligen Vorgängen nach 0,5 bis 3 min automatisch gelöscht und bei periodischen Signalen unabhängig von deren Frequenz der Spitzenwert ständig aktualisiert wird. Außerdem ist ein Löschen von Hand möglich (Zwischenstellung von Schalter S4).

Die Spitzenwertmessung erfolgt durch Umschalten von S4 nur mit der eingebauten Anzeige, der Gleichspannungsausgang führt ständig effektivwertproportionalen Pegel. Damit ist z.B. eine Kontrolle des Spitzenwertes während einer Langzeitintegration möglich.

Die ständige Überwachung des Scheitelfaktors (S größer oder kleiner als 5) ermöglicht außerdem eine LED, die von einem Differenzverstärker am Ausgang von Effektiv- und Spitzenwertbildner angesteuert wird.

Eine extern anschließbare Versorgungsspannung wird durch eine Vorstabilisierung auf ca. 8,5 V begrenzt und wird erst wirksam, wenn die Betriebsspannung unter diesen Wert gesunken ist (wenn vorher erwünscht, Batterien entfernen!).

Die Batteriespannung treibt einen eisenlosen Transverter mit Spannungsvervielfacher, der eine negative Versorgungsspannung von ca. -12 V liefert. Diese beiden Spannungen versorgen die Stufen V2, Filter, V3, Übersteuerungsanzeige, Gleichrichter, Effektivwert- und Spitzenwertbildner und Scheitelfaktorkontrolle. Für die Baugruppen V1, Kalibrator, AD-Wandler und Anzeige werden stabilisierte Spannungen benötigt (+5 V bzw. ± 5 V), die in einer getrennten Stabilisierung gewonnen werden.

Zur Kontrolle der Batteriespannung (größer 6,6 V) dient eine spezielle Kippschaltung, die bei Unterschreitung der Ansprechschwelle ein Blinken der LED "BATT" hervorruft. Bei weiterem Absinken der Spannung leuchtet die LED dauernd.

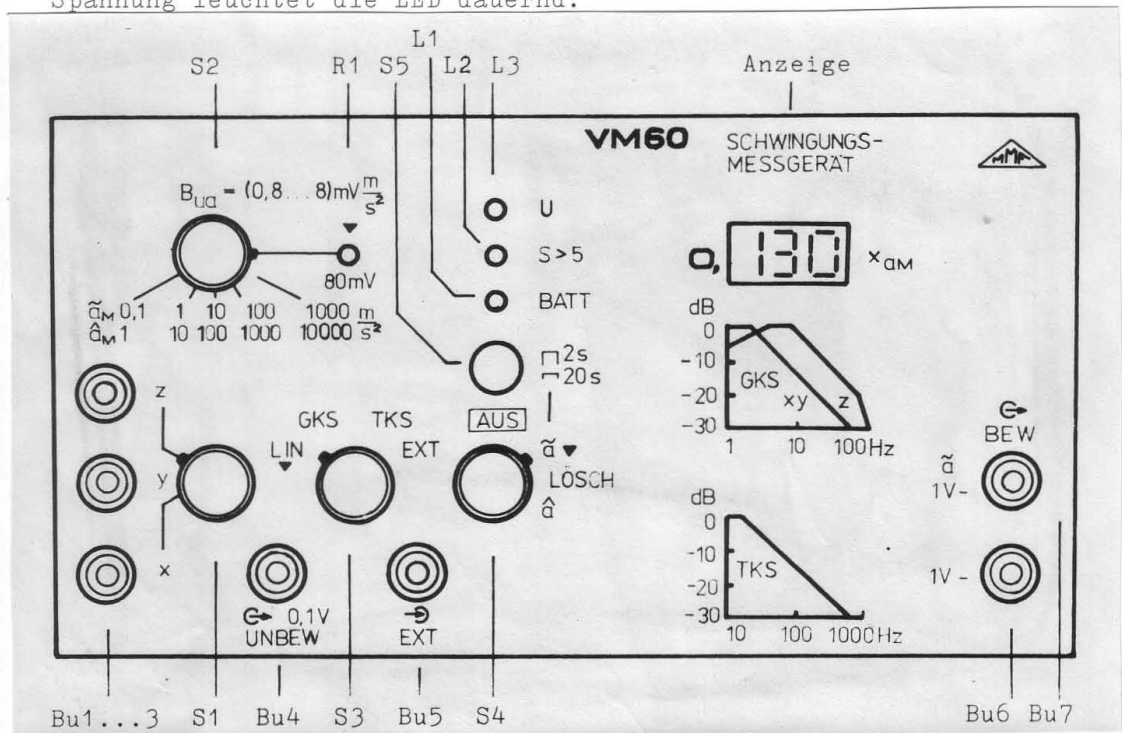
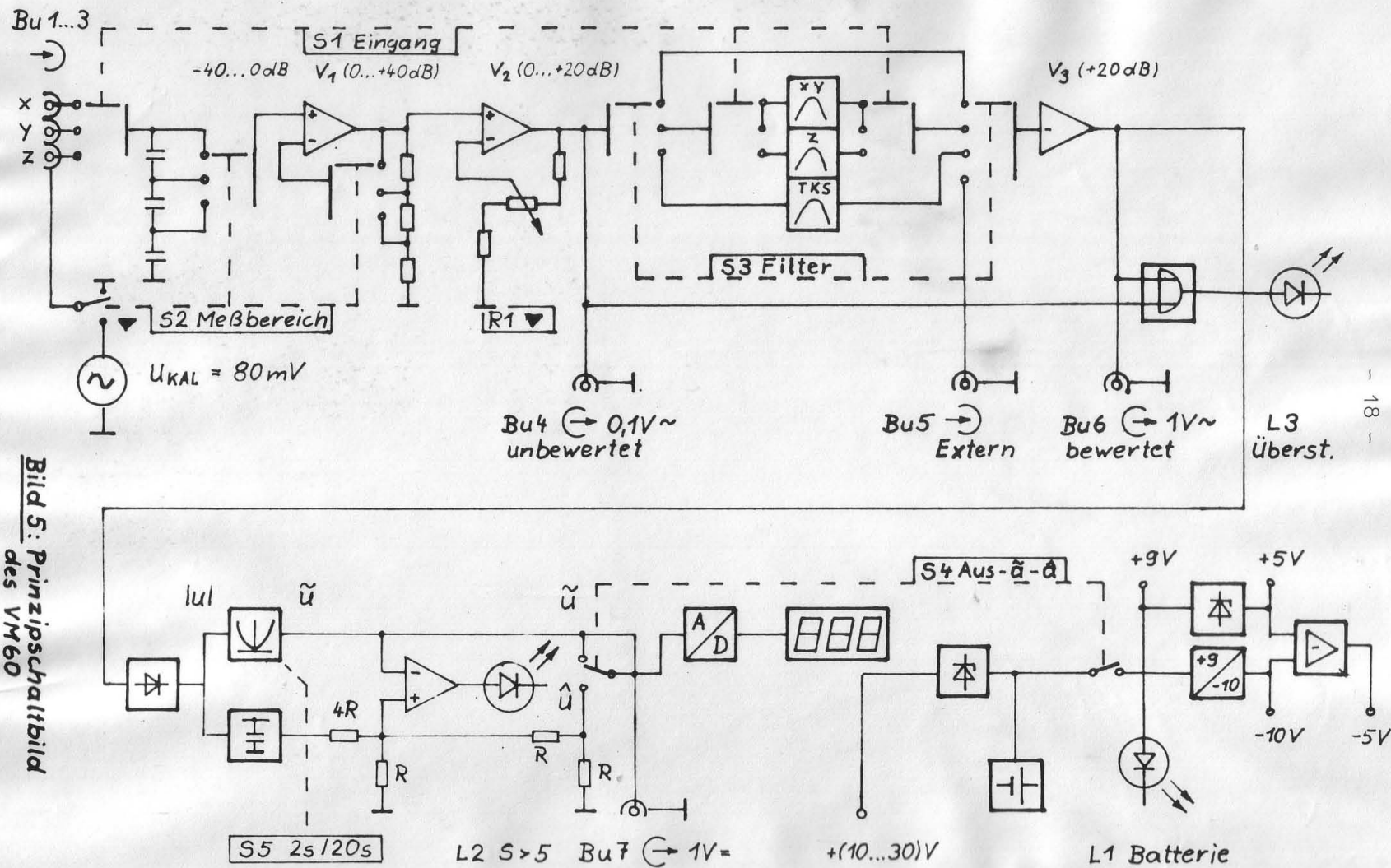


Bild 4: Frontplattenansicht mit Betätigungs-, Anzeige- und Anschlüsselementen

Bild 5: Prinzipschaltbild
des VM60



5. Betriebsanleitung

5.1. Vorbereitung der Messung

5.1.1. Einsetzen der Batterien

Vor Inbetriebnahme müssen 6 Babyzellen R 14 in das Gerät eingesetzt werden, wenn nicht eine externe Spannungsquelle (Kfz-Batterie 12 V oder 24 V) zur Verfügung steht. Dazu ist der Batteriedeckel mit den zwei Halteschrauben zu lösen, anschließend werden die Zellen mit dem Minuspol (Becher) auf die Feder bzw. mit dem Pluspol (Kappe) in den tiefer liegenden Nietkontakt gestellt. Abschließend Batteriedeckel entsprechend aufsetzen und Schrauben wechselweise hineindrehen, Funktion des Gerätes durch Einschalten kontrollieren.

5.1.2. Ankopplung des Aufnehmers an das Meßobjekt

Die richtige Ankopplung des Aufnehmers an das Meßobjekt ist eine entscheidende Voraussetzung für reproduzierbare Meßergebnisse und Einhaltung der angegebenen Fehlergrenzen. Grundsätzlich ist der Aufnehmer starr an das Meßobjekt anzukoppeln, eine Schraubverbindung (M5-Gewindestift bzw. M4-Schraube bei KB 103) ist anderen Übertragungsmedien (Haftmagnet, Klebewachs, Tastspitze) vorzuziehen, siehe dazu Abschnitt 5.3. in der Bedienungsanleitung für Piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer des VEB Metra Radebeul.

5.1.3. Anschluß des Aufnehmers an das Gerät

Das VM 60 besitzt auch im Eingang BNC-Buchsen. Damit wird dem Problem Rechnung getragen, daß die Mikrokupplungen unter Schwingungsbelastungen schwer zu lösen und zu befestigen sind und sich außerdem nach gewisser Zeit selbst lösen. Der Anschluß der Aufnehmer erfolgt über das mitgelieferte Kabel und dem zum Lieferumfang 01 der Aufnehmer gehörenden BNC-Mikro-Adapter. Dabei kann dann die Mikrokupplung am Adapter festgezogen und mit Lack gesichert werden.

Die durchgängige Anwendung der BNC-Verbindung kommt auch der universellen Verwendung des Gerätes z.B. als Meßverstärker oder Effektivwertvoltmeter entgegen (siehe Abschnitt 6.).

In Betriebsart LINEAR, TKS und EXTERN sind die 3 Eingänge gleichberechtigt und über den Eingangsumschalter anwählbar, wobei die Übersprechdämpfung zwischen benachbarten Eingängen ca. 40 dB beträgt.

In der Betriebsart GKS wird mit dem Eingangsumschalter gleichzeitig das Bewertungsfilter umgeschaltet; es ist also auf die richtige Zuordnung der Raumrichtungen zu achten.

5.2. Beschreibung der Bedienelemente (Bild 4)

- S1 Eingangsschalter, mit Umschalter des Bewertungsfilters für GKS kombiniert.
- S2 Meßbereichsschalter in dekadischer Stufung mit getrennter Schaltstellung zur elektrischen Kalibrierung der Meßkette.
Für Aufnehmer mit Übertragungsfaktoren außerhalb 0,8 bis 8 mV/(m.s⁻²) muß der Meßbereichsendwert umgerechnet werden (s. Abschn. 3.1.)
- R1 Kalibriereinsteller zum Verändern der Empfindlichkeit des Gerätes bei der Kalibrierung der Meßkette.
- S3 Filterschalter mit den Schaltungen

LIN: Linear, keine Frequenzgangbeeinflussung.

Diese Betriebsart ist beim Kalibrieren zu wählen.

GKS: Das Filter zur Bewertung von Ganzkörperschwingungen ist wirksam (Bilder 1 und 2).

TKS: Das Filter zur Bewertung von Teilkörperschwingungen ist wirksam (Bild 3).

EXT: Zwischen die Buchsen (→ 0,1 V UNBEW. und →)EXT kann ein externes Filter eingeschleift werden. Sonst ist →) EXT als Eingang wirksam (s. Abschn. 3.2.)

- S4 Betriebsartenschalter
Mit diesem Schalter wird das Gerät eingeschaltet und die Meßgröße (Effektiv- oder Spitzenwert) gewählt.
In der Zwischenstellung LÖSCH wird der analoge Spitzenwertspeicher gelöscht.
- S5 Taste Integrationszeit der Effektivwertmessung
nicht gedrückt: 2 s
gedrückt: 20 s
- L1 Batteriekontrolle
LED blinkt bei Batterie- Unterspannung
- L2 Scheitelfaktorkontrolle
LED leuchtet bei Scheitelfaktor (Spitzenwert/Effektivwert) größer 5
- L3 Übersteuerungskontrolle
LED leuchtet oder blinkt bei Übersteuerung
- Anzeige dreistellige LCD- Digitalanzeige zur Anzeige von Effektiv- oder Spitzenwert
- Bu1 bis 3 Eingänge zum Anschluß der(s) Aufnehmer(s)
- Bu4 Wechselspannungsausgang 0,1 V unbewertet zum Anschluß eines externen Filters oder/ und eines Oszilloskops
- Bu5 Eingang zum Anschluß eines externen Filters
(S3 in Stellung EXT)
- Bu6 Wechselspannungsausgang 1 V bewertet zum Anschluß eines Oszilloskops oder/ und Registriergerätes
- Bu7 Gleichspannungsausgang 1 V bewertet (immer effektivwertproportional) zum Anschluß eines Registriergerätes (z.B. Integrator).

5.3. Kalibrierung der Meßkette

Die Kalibrierung der Meßkette dient zur Herstellung eines dekadischen Zusammenhanges von angezeigter Größe zur mechanischen Größe. Dabei wird die Empfindlichkeit des Gerätes mit R1 (Bild 4 und 5) dem Aufnehmerübertragungsfaktor einschließlich eines eventuell angeschlossenen Verlängerungskabels angepaßt.

5.3.1. Mechanische Kalibrierung

Bei der mechanischen Kalibrierung wird ein Zusatzgerät benötigt, mit dem eine definierte Schwingungsgröße erzeugt werden kann, z.B. der Elektrodynamische Eich Tisch 11032 von VEB Robotron- Meßelektronik "Otto Schön" Dresden. Dabei muß der Wandlerübertragungsfaktor nicht bekannt sein, da er in die Kalibrierung mit einbezogen wird. Der Kalibrierfehler der mechanischen Kalibrierung setzt sich zusammen aus

- dem Fehlerbeitrag der Beschleunigungsdarstellung mittels Schwingungserreger
- dem Fehlerbeitrag der Ankopplung des Aufnehmers an den Schwingungserreger.

Arbeitsschritte:

- Der Aufnehmer wird starr mit dem Schwingungserzeuger (Eichtisch) verbunden (M5-Gewindestift oder Haftmagnet) und das Kabel an einen Eingang des VM 60 angeschlossen, S1 wird auf diesen Eingang gestellt.
- Der Meßbereich wird mit S2 so gewählt, daß die erzeugte Beschleunigungsgröße möglichst in der Nähe des Vollausschlages der Anzeige erfaßt wird. Dabei ist zu beachten, daß die Meßbereichsendwerte für Aufnehmerübertragungsfaktoren außerhalb 0,8 bis $8 \text{ mV}/(\text{m.s}^{-2})$ umgerechnet werden müssen (s. Abschn.3.1.).
- S3 wird auf LIN, S4 auf $\tilde{a}$ und S5 auf 2 s geschaltet.
- Mit R1 wird ein Anzeigewert eingestellt, dessen Ziffernfolge mit der erzeugten Beschleunigungsgröße übereinstimmt.

5.3.2. Elektrische Kalibrierung

Bei der elektrischen Kalibrierung werden außer dem Aufnehmer und eventuell für die Messung vorgesehener Verlängerungskabel keine Hilfsmittel benötigt.

Der Kalibrierfehler bei der elektrischen Kalibrierung setzt sich zusammen aus

- dem Fehlerbeitrag des Wandler- Übertragungsfaktors
- dem Fehlerbeitrag der Kapazität des Aufnehmers und des Verlängerungskabels bei Verwendung desselben und
- dem Fehlerbeitrag der Kalibrierspannungsquelle.

Arbeitsschritte:

- Der Aufnehmer darf nicht mechanisch angeregt werden. Er wird an einen Eingang des VM 60 angeschlossen, S1 wird auf diesen Eingang gestellt.
- S2 wird auf Kalibrieren (▼), S3 auf LIN, S4 auf $\tilde{a}$ und S5 auf 2 s geschaltet.
- Mit R1 wird ein folgendermaßen zu berechnender Anzeigewert E eingestellt:

$$E = \frac{U_{kal}}{B_a} \cdot \left(1 + \frac{C_v}{C_i}\right) \cdot 10 \text{ s}^2/\text{m}$$

U_{kal} Kalibrierspannung = 80 mV

B_a Wandlerübertragungsfaktor:

$B_a = 0,8$	bis	8	mV/(m.s ⁻²)	Wert direkt einsetzen	
$B_a = 0,08$	bis	0,8	mV/(m.s ⁻²)	Wert x 10	"
$B_a = 8$	bis	80	mV/(m.s ⁻²)	Wert x 0,1	"
$B_a = 80$	bis	800	mV/(m.s ⁻²)	Wert x 0,01	"

C_v Kapazität des Verlängerungskabels

C_i Wandlerkapazität (mit Anschlußkabel 1,5 m)

Beispiel: $B_a = 5 \text{ mV/m} \cdot \text{s}^{-2}$, $C_i = 800 \text{ pF}$, $C_v = 500 \text{ pF}$
(KD 35 mit Verlängerungskabel 010015)

$$E = \frac{80 \text{ mV}}{5 \text{ mV}} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \quad \left(1 + \frac{500}{800}\right) \cdot 10 \text{ s}^2/\text{m}$$

$$= \underline{\underline{260}}$$

Bei Verwendung von Verlängerungskabeln kann es vorkommen, daß E größer 999 wird, d.h. der Einstellwert nicht mehr angezeigt werden kann. In diesem Fall muß der Aufnehmer in der nächst unempfindlicheren Größenordnung kalibriert werden, d.h. $E \times 0,1$ wird eingestellt und die Meßbereichsendwerte werden mit 10 multipliziert.

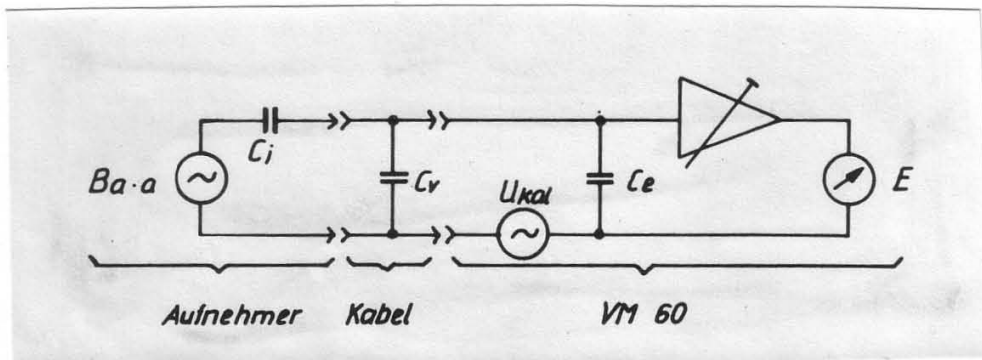


Bild 6: Ersatzschaltbild bei der elektrischen Kalibrierung

5.4. Durchführung von Messungen

5.4.1. Aufnehmer, Meßbereich und Anzeige

Die eingesetzte dreistellige Digitalanzeige führt dazu, daß bei den Meßbereichsendwerten bereits Anzeigeüberlauf (EEE) angezeigt wird. Das entspricht dem Faktor 1 für alle Meßbereiche.

- Die auf der Frontplatte bezeichneten Meßbereiche gelten für Aufnehmer mit $B_a = 0,8$ bis $8 \text{ mV}/(\text{m.s}^{-2})$, vorausgesetzt, bei der Kalibrierung bleibt der Einstellwert kleiner 999 (s. Abschnitt 5.3.2.).
- Liegt der Aufnehmer-Übertragungsfaktor außerhalb der aufgedruckten Dekade, ist das entsprechende Zusatzschild auf die Frontplatte zu schrauben.
- Die Meßbereiche für Spitzenwertmessung sind nicht voll aussteuerbar. Der angezeigte Spitzenwert ist nur bei nicht leuchtender Übersteuerungsanzeige gültig.

5.4.2. Effektivwert und Spitzenwert

Die Effektivwertmessung beruht im VM 60 auf der Ausnutzung der logarithmischen $U_{BE}(I_C)$ - Kennlinie von Bipolartransistoren (s. auch Abschnitt 4).

Wegen $\log 0 = -\infty$ muß u_e größer 0 künstlich erzwungen werden, was zu einer Anzeige von ca. 20 Digit im Nullpunkt führt. Das hat jedoch keinen Nachteil in der Praxis, da die Anzeige bereits ab ca. 30 Digit gültig ist ($\hat{=}$ 3 % vom Endwert !).

Der Effektivwertbildner kann, soweit vorher keine Übersteuerungen auftreten (s. Abschn. 5.4.5.), Scheitelfaktoren von S max. 10 verarbeiten.

Das VM 60 gestattet außer der Effektivwertmessung auch eine Bestimmung des Betrages des Spitzenwertes der Beschleunigung. Bei Ganzkörperschwingungen unter 10 Hz ist nach TGL 32628 die Kontrolle des Spitzenwertes vorgeschrieben. Darüber hinaus ist bei hohen Scheitelfaktoren die Erfassung des Spitzenwertes sinnvoll, die automatische Scheitelfaktorkontrolle für S größer 5 soll darauf hinweisen.

Die S-Kontrolle ist aber nur gültig für periodische Vorgänge im eingeschwungenen Zustand und bei für die Effektivwertmessung richtig eingestellter Zeitkonstante. Bei Stößen ($S \rightarrow \infty$) leuchtet sie immer, und bei Anzeigen kleiner 5 % vom Endwert ist ihre Anzeige nicht definiert. Da mit dem VM 60 auch der Spitzenwert von einmaligen Vorgängen erfaßt werden kann, ist unter Verwendung eines entsprechenden externen Filters auch die Messung von Stößen möglich.

5.4.3. Messen unbewerteter Schwingungsgrößen

Ist die Meßkette kalibriert und der Aufnehmer an das Meßobjekt angekoppelt, kann mit der Messung begonnen werden.

Mit S2 ist, beim unempfindlichsten Meßbereich beginnend, zunächst die Größenordnung des Meßwertes festzustellen, dabei ist S5 ausgerastet (2 s).

S3 verbleibt beim Messen unbewerteter Größen auf LIN, S4 zunächst auf a, auch wenn dann Spitzenwerte gemessen werden sollen.

Ist der richtige Meßbereich eingestellt und schwankt die Anzeige stark (Frequenzen unter 5 Hz oder schwankende Meßgröße), muß S5 gedrückt werden (20 s Integrationszeit). Dabei müssen Einschwingzeiten bis zu einer Minute in Kauf genommen werden. Läßt sich auch in Stellung "20 s" der Meßwert noch nicht ablesen, bringt nur die Nachschaltung eines Integrators Abhilfe. Für orientierende Messungen kann auch ein analoges Instrument (Vielfachmesser) an den Gleichspannungsausgang angeschlossen werden (Innenwiderstand des Gleichspannungsausganges = 1 kOhm beachten).

Bereits vor Ablesen des Meßwertes sollte die Größenordnung der Beschleunigung anhand des Meßbereiches und des angeschlossenen Aufnehmers überschlagen werden (s. Abschnitt 5.4.1.), damit Ablesefehler vermieden werden. Beim Umschalten auf Spitzenwertmessung wird die Anzeige eine Größenordnung unempfindlicher, d.h. bei Scheitelfaktor $S = 10$ ist die Anzeige von Effektiv- und Spitzenwert gleich (siehe Beschriftung von S2).

In der Zwischenstellung von S4 LÖSCH wird der analoge Spitzenwertspeicher gelöscht (z.B. nach Übersteuerungen kurz betätigen). Nach dem Einschalten des Gerätes, nach Meßbereichs- oder Zeitkonstantenumschaltung und nach Übersteuerungen ist vor dem Ablesen eines Meßwertes grundsätzlich das Abklingen der Einschwingvorgänge abzuwarten.

5.4.4. Messen bewerteter Schwingungsgrößen

In das VM 60 sind Frequenzbewertungsfilter nach TGL 39939 zur Messung von Ganz- und Teilkörperschwingungen eingebaut (Bilder 1 bis 3). Nachdem die Meßkette kalibriert und der Aufnehmer an das Meßobjekt angekoppelt wurde, ist der Filterschalter S3 auf die gewünschte Bewertungsart (GKS, TKS) zu stellen. Dabei ist zu beachten, daß die Umschaltung des Bewertungsfilters zwischen GKS_{xy} und GKS_z mit dem Eingangsumschalter S1 geschieht, d.h. es ist auf richtige Zuordnung der Eingänge zu den Achsen des Aufnehmers zu achten.

Anschließend wird, beim unempfindlichsten Meßbereich beginnend, mit S2 die Größenordnung des Meßwertes festgestellt. Dabei ist S4 auf $\hat{a}$ zu stellen und S5 ausgerastet. Ist der Meßwert nicht ablesbar (Frequenzen unter 5 Hz oder/ und stark schwankender Meßwert), muß S5 gedrückt werden (20 s), siehe auch unter Abschnitt 5.4.3.

Für GKS ist die Messung des Effektivwertes bis zu einem Scheitelfaktor $S = 5$ standardisiert. Die Überschreitung dieses Wertes wird durch die Scheitelfaktorkontrolle signalisiert, in diesem Fall ist die Kontrolle des Spitzenwertes sinnvoll.

Ein Umschalten auf $\hat{a}$ während einer Langzeitintegration beeinflusst den Langzeiteffektivwert nicht. Die nach TGL 32628/01 und TGL 32629 vorgeschriebene Kontrolle des Spitzenwertes für GKS_z bei f kleiner 10 Hz ist mit dem GKS_z -Filter näherungsweise möglich. Im Zweifelsfall kann in Stellung EXT ein Tiefpaßfilter mit der Grenzfrequenz $f_g = 10$ Hz eingeschleift werden.

5.4.5. Aussteuerbarkeit

Bei Vollaussteuerung und neuen Batterien können Signale mit Scheitelfaktoren bis etwa 7,5 und bei verbrauchten Batterien (Batt.-kontrolle blinkt gerade) bis mind. 5 verarbeitet werden. Bei Anzeigen von kleiner 50 % des Meßbereichsendwertes darf S max. 10 betragen.

Vor dem Filter ist durch die fest eingebaute Filternachverstärkung von 20 dB eine entsprechende zusätzliche Aussteuerreserve vorhanden. Das hat zur Folge, daß in Stellung Geschwindigkeit unter Umständen in einem empfindlicheren Meßbereich als in Stellung Beschleunigung gemessen werden kann.

Bevor eine Begrenzung des Signals durch Übersteuerung erfolgt, leuchtet die LED "Ü" auf, kontrolliert wird der Pegel vor und hinter dem Filter.

Die Übersteuerung durch positive, periodische Signale wird durch ein Blinken und die durch negative Signale durch Dauerlicht signalisiert.

5.4.6. Störeinflüsse

Bei Messungen in den beiden empfindlichsten Meßbereichen kann es vorkommen, daß Störgrößen die Meßgröße verfälschen oder ganz überdecken. Zweckmäßigerweise bestimmt man zunächst ohne mechanische Anregung des Aufnehmers unter sonst gleichen Bedingungen wie bei der Messung den Wert der Störbeschleunigung.

Durch den Anschluß eines Oszilloskops an den Wechselspannungsausgang des Gerätes läßt sich die Ursache der Störungen leichter feststellen.

Folgende typische Störquellen sind zu nennen:

- Pyroelektrische Störungen entstehen durch Temperaturveränderungen am Aufnehmer während der Messung. Sie sind sehr tieffrequent (f kleiner 10 Hz), werden aber durch die niedrige untere Grenzfrequenz des VM 60 praktisch nicht unterdrückt. Bei der Messung ist darauf zu achten, daß sich der Aufnehmer im Temperaturgleichgewicht befindet. Sind die pyroelektrischen Störungen dennoch zu groß, bringt der Einsatz eines Scheraufnehmers (KS 50, KS 51, KS 60) Verbesserung.

- Störende Einflüsse durch das Aufnehmerkabel:

Zu den vom VEB Metra Radebeul gelieferten Beschleunigungsaufnehmern wird ein störarmes, flexibles Anschlußkabel mitgeliefert, das weitgehend unempfindlich gegen elektrische Störfelder ist und bei mechanischer Beanspruchung nur geringe Störspannungen erzeugt. Das aufnehmerseitige Ende des Anschlußkabels ist mit der Kabelabfangschelle 004 (Aufnehmerzubehör) festzulegen.

- Erdschleifen können zu netzfrequenten Störungen führen. Sie entstehen dann, wenn externe Geräte an das VM 60 angeschlossen sind, deren Masse über den Schutzleiter mit dem Aufnehmergehäuse verbunden ist. Abhilfe bringt hier ein Trenntrafo für das externe Gerät oder die isolierte Montage des Aufnehmers.

- Angaben zum Einfluß eines magnetischen Wechselfeldes und einer mechanischen Anregung des Gerätes selbst siehe Abschnitt 3.3.

Liegen Meß- und Störgröße in der gleichen Größenordnung, und die Störungen sind nicht zu beseitigen, dann läßt sich wie folgt der Meßwert näherungsweise bestimmen:

$$a = \sqrt{a_{S+M}^2 - a_S^2}$$

a_{S+M} durch Meß- und Störgröße gemeinsam verursachte Anzeige

a_S durch Störgröße allein verursachte Anzeige

Diese Formel gilt nur für Effektivwertmessung und nur dann, wenn Meß- und Störgröße nicht miteinander korrelieren.

5.5. Anschluß externer Geräte

5.5.1. Messen mit externem Filter

Das VM 60 ist für den Anschluß externer Filter mit einer Nenndämpfung im Durchlaßbereich von 0 dB geeignet. Beispiele für einsetzbare Filter sind im Abschnitt 2.2. genannt, auch das universelle Niederfrequenzfilter VF 30 aus unserer Produktion ist anwendbar.

Das externe Filter wird zwischen die Buchsen 4 (Ausgang 0,1 V) und 5 (Eingang extern) eingeschleift und der Filterschalter S3 auf EXTERN gestellt.

Die Übersteuerungsreserve vor dem externen Filter ist typ. 20 dB. Reicht diese nicht aus (zu kleine Anzeige bei maximal möglicher Aussteuerung), kann das VM 60 als Meßverstärker betrieben und das Signal zur Weiterverstärkung am 1 V - Wechselspannungsausgang entnommen werden (siehe auch Abschnitt 6.).

5.5.2. Anschluß eines Oszilloskops

Der Anschluß eines Oszilloskops ist an Buchse 4 (Ausgang 0,1 V, unbewertet) vor dem Filter oder Buchse 6 (Ausgang 1 V bewertet) hinter dem Filter möglich. Es ist darauf zu achten, daß beim Anschluß des Oszilloskops keine Erdschleife entsteht (siehe Abschnitt 5.4.6.).

5.5.3. Anschluß eines Langzeitintegrators

Langzeitintegratoren dienen zur Erleichterung der Auswertung der Meßergebnisse vor allem auf dem Gebiet arbeitshygienischer Untersuchungen. Mit ihnen ist die Bestimmung der Schwingungsdosis (Beschleunigungsquadrat x Zeit) und des Langzeiteffektivwertes der Beschleunigung möglich, wenn sie an das VM 60 angeschlossen werden. VEB Metra Radebeul bietet dazu den Langzeitintegrator LI60 an, der außer der Bestimmung der Dosis auch die Erfassung der (vorher nicht notwendigerweise bekannten) Integrationszeit gestattet.

Die Aufteilung einer integrierenden Meßkette in Momentanwertanzeigergerät und Langzeitintegrator hat den Vorteil der universellen Verwendbarkeit des Integrators und ist deshalb ökonomisch günstig (z.B. Schallpegelmesser + LI 60 zur Bestimmung des Dauerschallpegels). Demgegenüber erfordert sie die genaue Kenntnis der Schnittstelle und etwas Sorgfalt bei der Berechnung der Größenordnung des Meßergebnisses. Der LI 60 wird an den 1 V - Gleichspannungsausgang des VM 60 angeschlossen (BNC - Verbindungskabel ist Zubehör zum LI 60). Danach wird das VM 60 zur Messung vorbereitet und der aus einer Probemessung ermittelte günstigste Meßbereich eingestellt.

Beispiel: Meßbereich des VM 60: 10 m.s^{-2}

Der Meßbereichsendwert beim LI 60 (10000 Digit = Anzeigeüberlauf EEE) wird dann erreicht, wenn während einer Integrationszeit $T = T_B$ (T_B ist am LI 60 einstellbar: 100, 1000 oder 10 000 s) am Eingang des LI 60 1 V Gleichspannung angelegt wird (entspricht einem Meßwert von 10 m.s^{-2} während der ganzen Integrationszeit).

Die Dosis D berechnet sich nach der Formel

$$D = D_n \cdot T_B \cdot a_M^2$$

mit D_n = vom LI 60 angezeigte normierte Dosis
(Zahlenwert 0,0000 bis 0,9999)

T_B = Bezugszeit (100, 1000 oder 10000 s)

a_M = Meßbereichsendwert des VM 60 in m.s^{-2} .

Bei $T_B = 100 \text{ s}$ ergibt sich also im Beispiel eine Dosis von

$$D = 10^4 \text{ m}^2.\text{s}^{-3}.$$

Der Langzeiteffektivwert ergibt sich zu

$$a_{eq} = a_M \cdot \sqrt{D_n \cdot \frac{T_B}{T}}.$$

Im Beispiel ergibt sich für $T = T_B$ wieder der Meßbereichsendwert

$$a_{eq} = a_M = 10 \text{ m.s}^{-2}.$$

Beim Betrieb mit Langzeitintegrator kann grundsätzlich mit der Integrationszeitkonstante 2 s am VM 60 gemessen werden, auch wenn die Momentanwertanzeige nicht mehr genau ablesbar ist.

Während der Langzeitintegration kann mit dem VM 60 auch der Spitzenwert gemessen werden.

5.5.4. Externe Stromversorgung

An der rechten Seitenfläche des VM 60 sind 2 Buchsen zum Anschluß einer externen Versorgungsspannung von 10 bis 30 V angebracht. Der Minuspol wird, wenn die Frontplatte senkrecht steht, unten und der Pluspol oben angeschlossen. Verpolungen sind zulässig, die externe Spannungsquelle hat dann aber keine Wirkung.

Die externe Spannungsquelle wird erst wirksam, wenn die Batterien halb entladen sind (U_B ca. 8 V). Es ist deshalb zu empfehlen, die Batterien bei externer Stromversorgung aus dem Gerät zu entfernen. Als externe Spannungsquelle kann ein unstabilisiertes Netzteil (z.B. Ladefix 6/12 Volt in Stellung 12 V) oder die Kfz-Bordspannung 12 V oder 24 V benutzt werden, wobei Spannungsspitzen bis 45 V zulässig sind.

6. Weitere Anwendungsmöglichkeiten

6.1. Effektivwert- und Spitzenwertvoltmeter

Das VM 60 ist gut als digital anzeigendes Effektiv- und Spitzenwertvoltmeter verwendbar, wenn dabei die Eingangskapazität (345 pF) nicht stört. Dazu wird zunächst der benutzte Eingang kurzgeschlossen und S2 in Stellung Kalibrieren (▼) geschaltet. S3 muß auf LIN, S4 auf $\tilde{}$ und S5 auf 2 s stehen. Danach wird mit R1 an der Anzeige ein Zahlenwert von 800 eingestellt.

Damit ist die Kalibrierung beendet und die Meßbereichsendwerte geben den Vollausschlag in mV an.

Die Anzeige des VM 60 ist auch einzeln verwendbar, indem S3 auf EXT geschaltet und der EXT-Eingang benutzt wird. Der Nennwert der Eingangsspannung beträgt hier 100 mV ohne vorher notwendige Kalibrierung. Mit Hilfe eines vorgeschalteten Meßverstärkers (z.B. M 61 DK) lassen sich auf diese Weise leistungsfähige Voltmeter aufbauen.

6.2. Meßverstärker

Das VM 60 kann auch als Meßverstärker Verwendung finden, indem es nach Abschn. 6.1. kalibriert wird und als Ausgang der 0,1 V - oder der 1 V - Wechselspannungsausgang benutzt wird. Die Verstärkung beträgt in den Meßbereichen

Meßbereich	0,1 V - Ausgang	1 V - Ausgang
1000 m.s ⁻²	-20 dB	0 dB
100 m.s ⁻²	0 dB	20 dB
10 m.s ⁻²	20 dB	40 dB
1 m.s ⁻²	40 dB	60 dB
0,1 m.s ⁻²	60 dB	80 dB

Darüber hinaus kann mit R1 jeder Verstärkungswert zwischen ca. -40 dB (0,1 V - Ausgang, Bu4) und ca. +83 dB (1 V - Ausgang, Bu6) eingestellt werden.

7. Überprüfung des Schwingungsmeßgerätes VM 60

In Abständen von einem Jahr und nach einer Reparatur ist das VM 60 nach dieser Methodik zu überprüfen.

Die Überprüfung des Gerätes erfolgt nach dem sowjetischen Standard GOST 8.246-77.

7.1. Prüfgänge

Abschnitt in der Methodik	Abschnitt nach GOST	Bezeichnung des Prüfganges	Prüfmittel nach Abschnitt 7.2.
7.3.1.	3.1.	Sichtprüfung	keine
7.3.2.	3.2.	Erprobung	keine
7.3.3.	3.4.	Bestimmung des Grund- fehlers	(1)
7.3.4.	3.5.	Bestimmung des Fre- quenzganges	(1)
7.3.5.	3.6.	Überprüfung der ein- gebauten Filter	(2), (3)
7.3.6.	3.7.	Best.d.Meßfehlers der Änderung der Batteriespannung	(2), (4)

Die Prüfgänge 3.3. und 3.8. bis 3.13. nach GOST 8.246-77 entfallen für das VM 60.

7.2. Prüfmittel

Nr.	Prüfmittel	Hauptparameter	z.B. Typ, Hersteller
(1)	Normalschwingungs- meßmittel	Referenznormal 2. Ordnung nach TGL 31543/23	Quarzaufnehmer QD 20 mit Referenzladungs- verstärker M 63, VEB Metra Radebeul
(2)	Sinusgenerator	0 bis 1 V, 125 Hz	GF 21 VEB Komb. Präcitronic Dresden
(3)	Geschirmte Reihenkapazität	1 nF, 0,5 %	Kondensator: TGL 38965, VEB KWG
(4)	Stromversorgung	12 V, 1 A	Typ 3221, VEB Stat- ron Fürstenwalde

7.3. Durchführung der Überprüfung

Die Prüfgänge dieses Abschnitts werden bei Referenzbedingungen (siehe Abschnitt 3.4.) durchgeführt.

7.3.1. Sichtprüfung

Bedienelemente, Gehäuse, Steckverbinder und Leiterplatten werden auf festen Sitz, Sauberkeit und Unversehrtheit überprüft.
Die Beschriftung der Frontplatte muß vollständig lesbar sein.

7.3.2. Erprobung

Die Erprobung dient zur Überprüfung der vorgesehenen elektrischen Übertragungsfaktoren bei der Bezugsfrequenz 125 Hz in den Betriebsarten Effektiv- und Spitzenwert der Beschleunigung mit linearer und TKS- Bewertung. Eine Erprobung der GKS- Filter ist nur mit Sinusgenerator entsprechend Abschnitt 7.3.5. möglich.

An einen Eingang des VM 60 (Bu 1 bis 3) wird ein beliebiger piezokeramischer Aufnehmer (z.B. KD 35) angeschlossen, der Eingangsschalter S1 wird auf den benutzten Eingang gestellt. Der Aufnehmer darf während der Prüfung nicht mechanisch erregt werden.

Das Gerät wird auf Kalibrieren geschaltet und nach 30 Sekunden Einlaufzeit in der Betriebsart Effektivwert LIN mit dem Kalibriersteller R1 auf eine Anzeige von 800 gebracht. Folgende Anzeige ist in der entsprechenden Betriebsart zulässig:

Schalter S3	Schalter S4	zulässige Anzeige
LIN	$\tilde{a}$	790 bis 810
LIN	$\hat{a}$	103 bis 123
TKS	$\tilde{a}$	92 bis 112

Nach der Erprobung wird das Gerät mit dem Aufnehmer nach Abschnitt 5.3.2. elektrisch kalibriert.

7.3.3. Bestimmung des Grundfehlers des VM 60 bei 125 Hz für die Anzeige, den Wechselspannungsausgang und den Gleichspannungsausgang

Prüfplatz: Normalschwingungsmeßmittel

Der Grundfehler wird in der Betriebsart Effektivwert, lineare Bewertung an den folgenden Meßpunkten bestimmt:

Bereich	!	Meßpunkt in $m.s^{-2}$	!	Grundfehler
0,1 $m.s^{-2}$	!	0,04 0,08	!	$\pm 18 \%$
1 $m.s^{-2}$	!	0,05 0,1 0,2 0,4 0,8	!	
10 $m.s^{-2}$	!	0,5 1 2 4 8	!	$\pm 12 \%$
100 $m.s^{-2}$	!	5 10 20 40 80	!	
1000 $m.s^{-2}$	!	50 100	!	

7.3.4. Bestimmung des Frequenzganges des VM 60 für die Effektivwertanzeige

Prüfplatz: Normalschwingungsmeßmittel

Einstellung am Prüfling und Anregung:

Frequenzbereich	Schalter S2	Schalter S3	Schalter S4	Anregung
1 bis 16 Hz	1 $m.s^{-2}$	LIN	$\tilde{a}$	0,8 $m.s^{-2}$
größer 16 Hz	10 $m.s^{-2}$	LIN	$\tilde{a}$	8 $m.s^{-2}$

Der Frequenzgangfehler wird bei folgenden Frequenzen bestimmt:

Frequenz	!	8	16	31,5	63	!	125	!	250	500	1000	2000	Hz
Fehler	!			± 6 %		!	0	!			± 6 %		

Der Frequenzgangfehler wird nach folgender Formel bestimmt:

$$= \frac{A(f) - A(f_0)}{A(f_0)} \cdot 100 \%$$

$A(f)$ = Anzeige des VM 60 bei der Frequenz nach Tabelle

$A(f_0)$ = Anzeige des VM 60 bei 125 Hz

7.3.5. Überprüfung der eingebauten Filter

Prüfplatz: Der Ausgang des Sinusgenerators (Nr.2 nach Abschnitt 7.2) wird über die geschirmte Reihenskapazität (Nr.3) mit einem Eingang (Bu 1 bis 3) des VM 60 verbunden.

Grundeinstellung (vor der Überprüfung jedes Filters wiederholen):

- Sinusgenerator auf 125 Hz, ca. 1 V Ausgangsspannung,
- VM 60 auf 1000 m.s^{-2} , $\tilde{a}$, LIN
- Anzeige mit Kalibriersteller R1 auf 600 einstellen.

7.3.5.1. Filter GKS, x- und y- Achse

Eingang und Schalter S1: x oder y

Schalter S3: GKS

Frequenz in Hz	Schalter S2	zulässige Anzeige
0,5		kleiner 400
1		400 bis 755
2	1000 m.s^{-2}	477 bis 755
4		239 bis 378
8		120 bis 190
16		600 bis 951
40		253 bis 400
80	100 m.s^{-2}	107 bis 190
160		kleiner 49

7.3.5.2. Filter GKS, z- Achse
Schalter S3: GKS

Frequenz in Hz	Schalter S2	zulässige Anzeige
0,5	1000 m.s ⁻²	kleiner 190
1		225 bis 400
2		337 bis 535
4		477 bis 755
8		477 bis 755
16		239 bis 378
40	100 m.s ⁻²	95 bis 151
80		425 bis 755
160		kleiner 190

7.3.5.3. Filter TKS
Schalter S3: TKS

Frequenz in Hz	Schalter S2	zulässige Anzeige
4	1000 m.s ⁻²	kleiner 337
8		425 bis 755
16		477 bis 755
40		190 bis 300
80		95 bis 151
160	100 m.s ⁻²	477 bis 755
250		319 bis 505
500		160 bis 253
1000		76 bis 134
2000		kleiner 33

7.3.6. Bestimmung des Meßfehlers durch Änderung der Batteriespannung

Das Stromversorgungsgerät (Nr.4 nach Abschnitt 7.2.) wird direkt an die Batteriekontakte im VM 60 angeschlossen, die Batterien sind zu entfernen.

Der Ausgang des Sinusgenerators wird mit einem Eingang des VM 60 (Bu 1 bis 3) verbunden. Die Versorgungsspannung wird auf 9 V und die Frequenz auf 125 Hz eingestellt.

Am Prüfling wird mit R1 im Meßbereich 100 m.s^{-2} in der Betriebsart Effektivwert, lineare Bewertung eine Anzeige von 800 eingestellt. Die Anzeige wird bei einer Versorgungsspannung von 10 V (Batterieüberspannung) und bei einer Versorgungsspannung von 7,2 V (Batterieunterspannung) abgelesen, die Batteriekontrolle darf gerade noch nicht ansprechen.

Die Anzeige darf jeweils 792 bis 808 betragen.

7.4. Gestaltung der Prüfergebnisse (Beispiel)

Überprüfung des Schwingungsmeßgerätes VM 60 Gerät Nr. 058/8

Prüfgang	Toleranz				Ergebnis		
7.3.1.					i.0.		
7.3.2.	LIN $\tilde{a}$	790 bis 810			801		
	LIN $\hat{a}$	103 bis 123			113		
	TKS	92 bis 112			101		
7.3.3.	0,1 m.s^{-2}	18 %			3,7	1,6	
	1 m.s^{-2}	12 %	0	2	2	2,5	2,7
	10 m.s^{-2}	12 %	2	2	2	2,3	2,5
	100 m.s^{-2}	12 %	0	1	1,5	1,8	2
	1000 m.s^{-2}	12 %	2	1,3			
7.3.4.	8 Hz	6 %			1,3 %		
	16 Hz	6 %			1 %		
	31,5 Hz	6 %			0,4 %		
	63 Hz	6 %			0,2 %		
	125 Hz	0			0		
	250 Hz	6 %			0		
	500 Hz	6 %			-0,1 %		
	1000 Hz	6 %			-0,5 %		
	2000 Hz	6 %			-1,5 %		
7.3.5.1	0,5 Hz	kleiner 400			253		
	1 Hz	425 bis 755			602		
	2 Hz	477 bis 755			566		
	4 Hz	239 bis 378			301		
	8 Hz	120 bis 190			150		
	16 Hz	600 bis 951			847		
	40 Hz	253 bis 400			284		
	80 Hz	107 bis 190			134		
	160 Hz	kleiner 49			35		

Prüfgang		Toleranz	Ergebnis
7.3.5.2.	0,5 Hz	kleiner 190	134
	1 Hz	225 bis 400	254
	2 Hz	337 bis 535	476
	4 Hz	477 bis 755	670
	8 Hz	477 bis 755	505
	16 Hz	239 bis 378	300
	40 Hz	95 bis 151	113
	80 Hz	425 bis 755	476
	160 Hz	kleiner 190	169
7.3.5.3.	4 Hz	kleiner 337	268
	8 Hz	425 bis 755	635
	16 Hz	477 bis 755	598
	40 Hz	190 bis 300	239
	80 Hz	95 bis 151	127
	160 Hz	477 bis 755	673
	250 Hz	319 bis 505	401
	500 Hz	160 bis 253	202
	1000 Hz	76 bis 134	85
	2000 Hz	kleiner 33	27
7.3.6.	10 V	792 bis 808	800
	7,2 V	792 bis 808	799

Datum, Unterschrift

8. Mechanische Konstruktion, Demontage und Montage des Gerätes

Das VM 60 besteht aus der Vorderschale, der Deckplatte, 4 stehenden Leiterplatten, der Grundleiterplatte, einem Abschirmblech, der Batteriekammer mit Rückplatte, der Rückschale und dem Batteriedeckel.

Die stehenden Leiterplatten und das Abschirmblech sind mit Winkeln an der Vorderschale befestigt.

Die Anzeigeleiterplatte ist über Abstandshülsen an der Vorderschale montiert. Die Grundleiterplatte ist über Modulsteckverbinder TGL 37203 mit den stehenden Leiterplatten verbunden. Sie ist an die Rückplatte und über Winkel an die Vorderschale angeschraubt.

Die Batteriekammer enthält 6 Kontakte (3 Federn für Minuspol, 3 Nieten für Pluspol), auf die die R 14 - Zellen gestellt werden.

Sie ist mit dem Batteriekammerdeckel, der die entsprechenden Kontaktgegenstände enthält, über 2 unverlierbare M4-Schrauben verschlossen. Die Rückschale ist über 2 M4-Schrauben an der Rückplatte angeschraubt, die Deckplatte mit 4 M2-Senkschrauben an der Vorderschale.

Die Demontage des Gerätes geschieht wie folgt:

- Rückschale abschrauben
- Grundleiterplatte abschrauben und mit Hilfsmittel (Schraubendreher) vorsichtig und gleichmäßig aus den Buchsenleisten der stehenden Leiterplatten herauschieben
- Batteriekammer ablöten und Rückplatte abschrauben
- Drehknöpfe und Deckplatte entfernen
- Buchsen ablöten
- stehende Leiterplatten mit Winkeln aus der Vorderschale ausbauen

Die Entfernung der Rückplatte ist auch ohne Ausbau der Grundleiterplatte möglich. Für den Abgleich des Gerätes ist lediglich die Entfernung der Rückschale notwendig.

Die Montage des Gerätes geschieht in umgekehrter Reihenfolge, wobei beim Aufstecken der Grundleiterplatte darauf zu achten ist, daß alle Stecker in die entsprechenden Buchsenleisten eingreifen.

9. Beschreibung der Schaltung

Die Beschreibung der Schaltung erfolgt anhand der Schaltbilder (Beilagen) und bildet die Grundlage für kleinere Reparaturen.

9.1. Kalibrator

Der Kalibrator ist ein amplitudenstabilisierter 125 Hz-Doppel-T-Oszillator, IS 12/1, R 122 bis 124 und C 107 bis 109 bilden den Oszillator, und IS 12/2 stellt einen Komparator dar, dessen Referenzspannung auf die stabilisierte 5 V - Betriebsspannung bezogen ist. Der Komparator steuert den SFET T 13 an, der die Amplitude der Oszillatorschwingung beeinflusst.

9.2. Eingangsverstärker

Das Eingangssignal gelangt vom Aufnehmer über eine der drei Eingangsbuchsen und S 12 auf den kapazitiven Eingangsspannungsteiler C 101 bis C 103. Statische Aufladungen des Aufnehmers oder des Kabels werden über R 101 abgebaut. D 11/12 bilden einen Überspannungsschutz gegen negative Eingangsspannungen. Die Bootstrapschaltung R 111/112 ermöglicht eine niederohmigere Abführung der Dioden- und Transistorsperrströme. Der Impedanzwandler T 11/12 besitzt eine Verstärkung von eins, jedoch einen zur Ansteuerung des Verstärkers IS 11 notwendigen niedrigen Ausgangswiderstand. Die Meßbereichumschaltung erfolgt einmal durch den kapazitiven Eingangsspannungsteiler mit S 11/1 (0 dB, -20 dB, -40 dB) und zum anderen durch die Verstärkungsumschaltung des IS 11 mit S 11/2 (0 dB, +20 dB, +40 dB). Die Ausgangsspannung von IS 11 für Vollauschlag der Anzeige beträgt je nach Aufnehmer (6 bis 60) mV.

IS 21/1 dient zur Herstellung eines dekadischen Zusammenhanges zwischen Beschleunigungsgröße und Ausgangsspannung. Die Verstärkung wird mit R 202 (auf der Frontplatte Kalibrierregler R1) eingestellt, die Ausgangsspannung von IS 21/1 beträgt für Vollausschlag der Anzeige 100 mV (Bu 4).

9.3. Filter

Die erste Stufe IS 21/2 bildet in Stellung LIN einen Verstärker mit der Verstärkung $v = 5$ und in Stellung GKS und TKS einen Integrator mit den für diese Filter notwendigen Verläufen. Die Umschaltung der Achsen (x, y, z) für GKS erfolgt ferngesteuert durch den FET-Schalter T 42 und S 12/2, dabei werden C 212 und C 418 parallelgeschaltet.

Die nächste Stufe IS 21/3 stellt in Stellung LIN einen Einsverstärker und in Stellung GKS und TKS einen aktiven Hochpaß 2. Ordnung dar. Die Umschaltung xy/z erfolgt mit T 43 und S 12/2, indem R 219 und R 438 parallelgeschaltet werden.

IS 21/2 und 21/3 sind in Stellung EXT wirkungslos. Die letzte Stufe IS 21/4 verstärkt das Signal einheitlich auf den Nennwert 1 V (Bu 5), d.h. $v = 2$ für LIN, GKS und TKS und $v = 10$ für EXT. Zusätzlich wird für GKS bei 80 Hz und für TKS bei 1 kHz die obere Grenzfrequenz realisiert.

9.4. Gleichrichter

IS 31 stellt einen Einweggleichrichter dar, der für die Effektivwert- und Spitzenwertbildung gleichermaßen ausgenutzt wird. Die Symmetrie des Gleichrichters wird mit R 303 eingestellt.

9.5. Effektivwertbildner

Die Effektivwertbildung beruht auf der Gleichung

$$U_a = \frac{1}{T} \int \frac{u_e^2}{U_a} dt,$$

wobei für die Quadrierung Logarithmierer auf der Grundlage der logarithmischen $U_{BE}(I_C)$ - Kennlinie von Bipolartransistoren ausgenutzt werden.

Die Schaltung realisiert die der o.g. Gleichung äquivalente Funktion

$$U_a = \exp \frac{1}{T} \int \left(\log \frac{u_e}{U_T} + \log \frac{u_e}{U_T} - \log \frac{U_a}{U_T} \right) dt.$$

IS 41/1 und 41/2 logarithmieren getrennt voneinander die Eingangsspannung und vervollständigen gleichzeitig die Zweiweggleichrichtung durch Summation des halben nicht gleichgerichteten Eingangssignals. Die Summe der Ausgangsspannungen wird in der Stufe IS 41/3 delogarithmiert und gleichzeitig integriert. IS 41/4 logarithmiert die Ausgangsspannung wieder und führt sie negativ zum Summationspunkt zurück. Mit dem Regler R 409 wird der Endausschlag und mit R 413 die Linearität des Effektivwertbildners eingestellt.

9.6. Spitzenwertbildner

Der Spitzenwertbildner besteht aus den Funktionsgruppen Summierer IS 32/1, Komparator IS 32/2, Impedanzwandler IS 32/3, Monoflop IS 32/4 und Scheitelfaktorkontrolle IS 33.

Der Summierer dient wie beim Effektivwertbildner zur Vervollständigung der Zweiweggleichrichtung.

Der Komparator gibt immer bei einem Anstieg der Eingangsspannung eine positive Spannung ab, so daß D 305 leitet und C 31 nachgeladen wird. Bei Erreichen der Kondensatorspannung schaltet er um, und D 305 sperrt. Die Entladezeitkonstante R 311, C 31 beträgt ca. 30 s, C 31 kann über S 32/2 (Stellung LÖSCH) auch schnell entladen werden. Der Impedanzwandler belastet C 31 nicht zusätzlich und stellt die spitzenwertproportionale Ausgangsspannung für den Komparator und die Anzeige bereit.

Um ein Absinken der Anzeige bei Einzelimpulsen zu verhindern, steuert der Komparator über das Monoflop gleichzeitig den Digitalspeicher des Analog-Digital-Wandlers IS 43, so daß sich die Anzeige nur bei einem Anstieg der Eingangsspannung über die momentane Spannung über C 31 ändern kann. Das hat zur Folge, daß bei periodischen Eingangssignalen die Spitzenwertanzeige aufgrund der relativ kurzen Zeitkonstante R 311/C 31 ständig aktualisiert wird, bei Einzelimpulsen jedoch so lange stehen bleibt, bis die Kondensatorspannung unter den Wert des Grundpegels am Eingang gesunken ist.

Die Scheitelfaktorkontrolle ist ein Differenzkomparator, der ständig den fünffachen Effektivwert mit dem Spitzenwert vergleicht. Ist S größer 5, wird T 31 leitend und D 308 leuchtet.

Mit R 326 wird der Nullpunkt des Spitzenwertbildners und mit R 312 der der Scheitelfaktorkontrolle eingestellt.

9.7. Digitalanzeige

Die Digitalanzeige besteht aus dem Analog-Digital-Umsetzer IS 43, der Störnadelunterdrückung IS 44, dem Ansteuerschaltkreis IS 51 und der LCD-Anzeige A 51.

Der ADU gibt nacheinander (gemultiplext) die BCD-Informationen der drei Stellen aus, die vom LCD-Ansteuerschaltkreis IS 51 direkt verarbeitet werden können. Die zugehörigen Multiplexsignale müssen jedoch durch Tiefpaß und Schmitt-Trigger (IS 44) von überlagerten Störnadeln befreit und invertiert werden, bevor sie der Ansteuerschaltkreis verarbeiten kann. Dieser erzeugt alle zur Ansteuerung der Anzeige notwendigen Signale (gleich- oder gegenphasige Rechteckimpulsfolgen gegenüber der Rückelektrode in Siebensegmentkode). Der Nullpunkt des ADU wird mit R 421, der Endausschlag mit R 418 eingestellt.

9.8. Übersteuerungsanzeige

Mit IS 22 wird vor und hinter dem Filter der Pegel auf eventuelle Übersteuerung kontrolliert, wobei die unterschiedliche Batteriespannung in die Ansprechschwelle mit einbezogen wird, also bei neuen Batterien auch eine höhere Aussteuerung zulässig ist.

IS 22/1 arbeitet als Komparator für negative und IS 22/2 für positive Übersteuerungen. Durch C 209 entsteht für beide Halbwellen ein Monoflop, so daß auch kurze Übersteuerungen sichtbar werden. Bei einer Übersteuerung leitet der Ausgangstransistor des entsprechenden Operationsverstärkers und damit T 21; D 307 leuchtet.

9.9. Stromversorgung

T 34 und D 310 dienen der Vorstabilisierung bei externer Stromversorgung auf ca. 8,5 V. Damit wird ein unzulässiges Nachladen der internen Batterien verhindert, ohne daß eine Umschaltung erforderlich ist. Diese vorstabilisierte Spannung bzw. die Batteriespannung dient direkt als positive Betriebsspannung für das Filter, den Effektivwertbildner, den Spitzenwertbildner und die Übersteuerungsanzeige.

Die negative Betriebsspannung wird durch den Transverter IS 45 mit anschließender Spannungsvervielfachung (D 42 bis 45) erzeugt.

Für den Eingangsverstärker, den Kalibrator, die Offsetregler und die Digitalanzeige werden stabilisierte Spannungen (± 5 V) benötigt. Die Referenzquelle bildet IS 47, diese wird mit IS 46 verstärkt und invertiert.

10. Technische Wartung und Service

Das Schwingungsmeßgerät VM 60 arbeitet grundsätzlich wartungsfrei, jedoch sind entladene Batterien sofort aus dem Gerät zu entfernen. Nach längeren Betriebspausen oder bei Kontaktunsicherheiten wird empfohlen, alle Schalter mehrmals zu betätigen.

Das Gerät ist vor unnötiger Staub- oder Nässeeinwirkung zu schützen.

Im Inland wird der Service im Herstellerbetrieb durchgeführt, im RGW wird das Gerät durch den "Zentralen Auslandsservice" des VEB Robotron-Meßelektronik "Otto Schön" Dresden betreut.

Kleinere Reparaturen können von Fachkräften nach den Abschnitten 8, 9 und 11 durchgeführt werden.

11. Abgleichvorschrift

Bild 7 enthält alle Abgleichelemente des VM 60. Ein Neuabgleich ist nach Austausch von Bauelementen notwendig.

Die nachfolgende Tabelle gibt Auskunft über die Einstellkriterien der Abgleichelemente. Voneinander unabhängige Regler sind dort durch waagerechte Linien getrennt.

Der Abgleich ist immer vollständig und in der angegebenen Reihenfolge durchzuführen. Für die Spannungsmessungen ist ein AC/DC-Digitalvoltmeter der Klasse 0,5 zu verwenden.

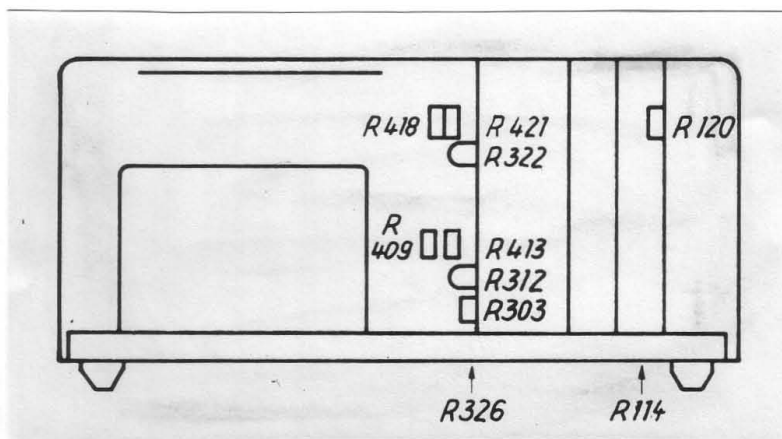
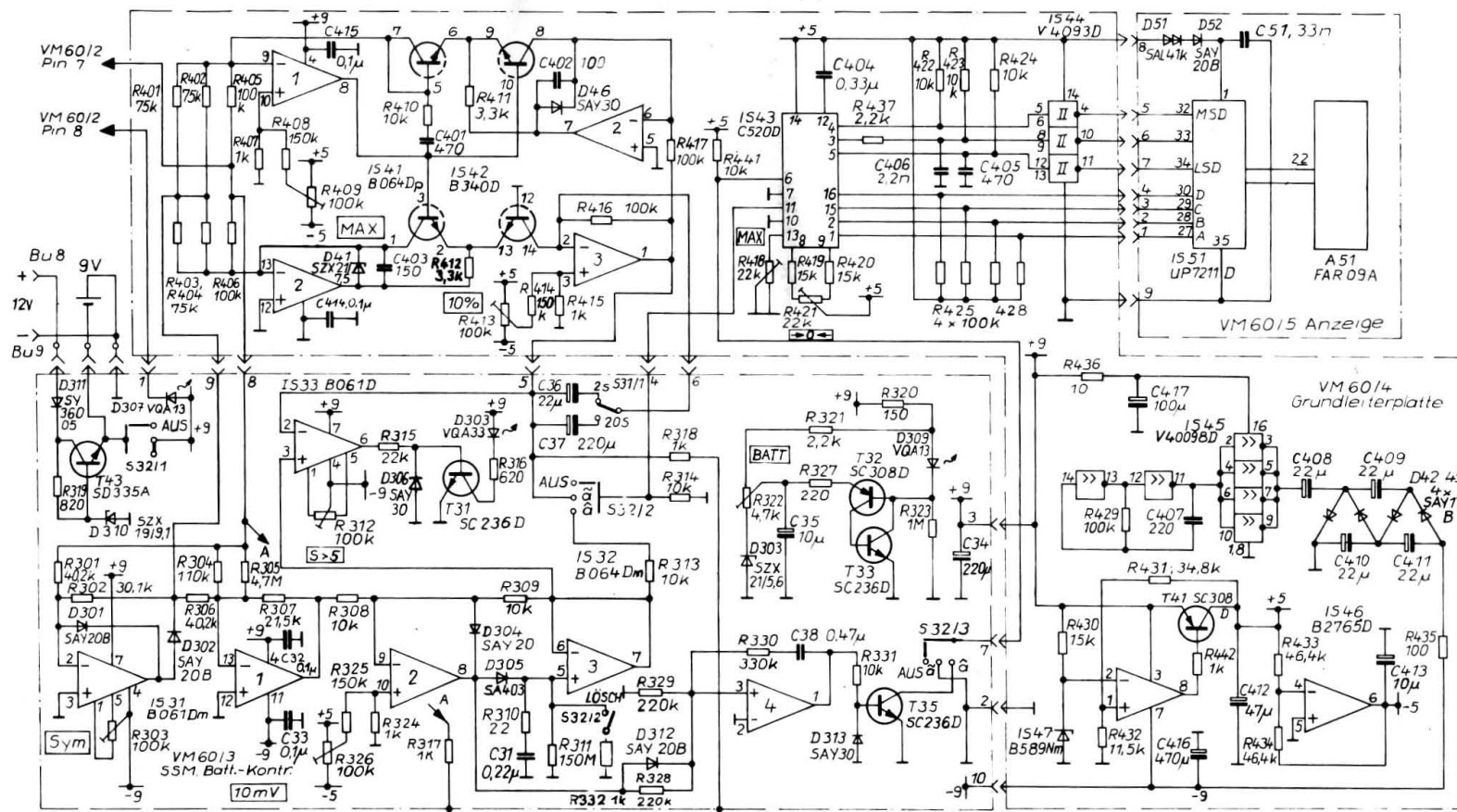


Bild 7: Lage der Abgleichelemente

Baugruppe	Einstell- größe	Einstell- regler	Bedingungen
Kalibrator	Kalibrier- spannung	R 120	S2 = ▼ , $U_{Kal} = 80,0 \text{ mV}$
Eingangsver- stärker	Nullpunkt	R 114	$U_e(\text{Bu1..3}) = 0$ (Kurzschl.) $S1 = 0,1 \text{ m.s}^{-2}$ $U_6(\text{Bul 11}) = 0 \text{ mV}$
Gleichrichter	Nullpunkt (Symmetrie)	R 303	$U_e(\text{Bu5}) = 1 \text{ mV}$, Sinus, 125 Hz $S3 = \text{EXT}$, Pin 9 (Bul 31): am Oszi 
Effektivwert- bildner	Endaus- schlag	R 409	$U_e(\text{Bu5}) = 0,1 \text{ V}$, Sinus, 125 Hz $S3 = \text{EXT}$, $U_a(\text{Bu7}) = 1,00 \text{ V}$
	Linearität	R 413	$U_e(\text{Bu5}) = 10 \text{ mV}$, Sinus, 125 Hz $S3 = \text{EXT}$, $U_a(\text{Bu7}) = 0,10 \text{ V}$
Anzeige	Nullpunkt	R 421	$S4 = \text{LÖSCH}$, Anzeige = 000
	Endaus- schlag	R 418	$U_e(\text{Bu5}) = 0,09 \text{ V}$, Sinus, 125 Hz $S3 = \text{EXT}$, $S4 = \tilde{a}$, Anzeige = 900
Spitzenwert- bildner	Nullpunkt	R 326	$\hat{u}_e(\text{Bu5}) = 10 \text{ mV}$, Sinus, 125 Hz $S3 = \text{EXT}$, $S4 = \hat{a}$, Anzeige = 010
Scheitel- faktor- kontrolle	Nullpunkt	R 312	$\hat{u}_e(\text{Bu5}) = 20 \text{ mV}$, Rechteckimpulsfolge mit $S = 5$, $S3 = \text{EXT}$, L2 (D 308) flackert
Batterie- kontrolle	Ansprech- schwelle	R 322	U_B (Pluspol Batterie- kammer) = 6,6 V, L1 (D 309) blinkt gerade



T43

IS 45

Ansicht von oben

Bu 6

BEWERTET

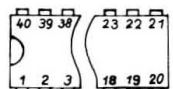
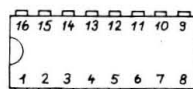
Bu 7

1V =

ECB

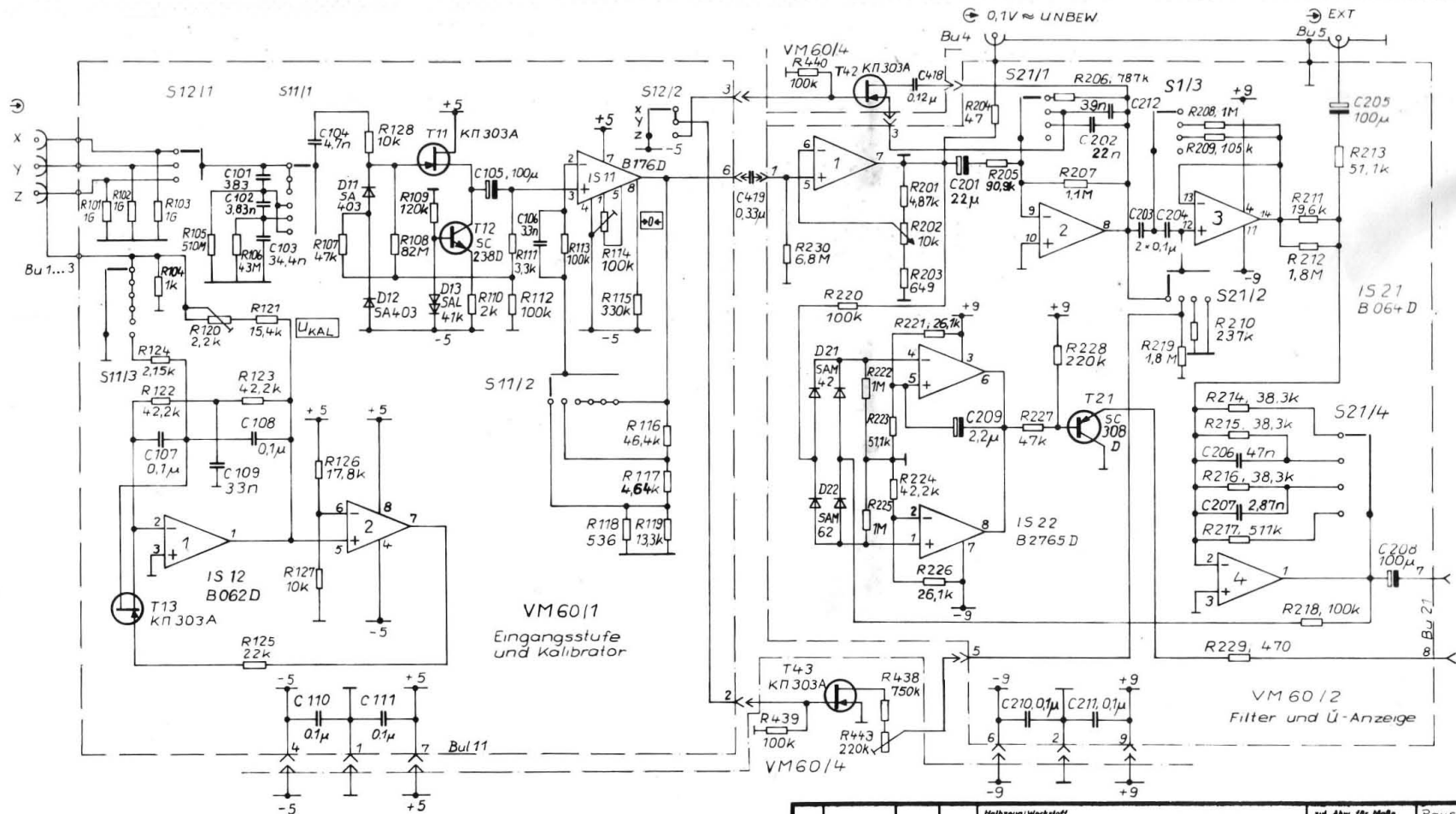
Schrift

oben



IS 51

Heizung/Werkstoff		zul. Abw. für Maße ohne Toleranzang.		Pause Nr.	
Benennung		Maßstab		Bl. Aus. Bl. - 45	
Schaltbild		Masse			
Zeichnungs-Nr.		VM60 - 4.02		VEB Metra Meß- u. Frequenztechnik im VEB Kombinat "Prozess"	
Ers. für		Ers. durch			



T12, 21,
31, 33, 35, 41

EBC

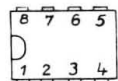
T11, 13, 42, 43

G Gehäuse

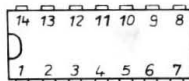
D S

Ansichten v. unten

VM60/4



IS 11, 12, 22,
31, 33, 46



IS 21, 32, 41, 42,
44

Ansicht von oben

Herzeug/Werkstoff		zul. Abw. für Maße ohne Toleranzang.		Pause Nr.	
Benennung		Hersteller		B. Anz. Bl. H.	
Schaltbild		Name			
Zeichnungs-Nr.		VM 60 - 4.01		VEB Metro Meß- u. Frequenztechnik im VE Kombinat-Präzisions-	
Ers. für		Ers. durch			

2	Seitenabschl.	7.3.88	U
1	R 117	23.9.87	K
AZ	Mitteilung	Datum	Name
1986	Datum	Name	
Bearb.	13.2	ES	
Konstr.	2.1.4	ES	
Techn.			
Stand.			