



BEDIENUNGSANLEITUNG 12. Sep. 1958

Frequenzmeßgerät

10 Hz ... 100 kHz

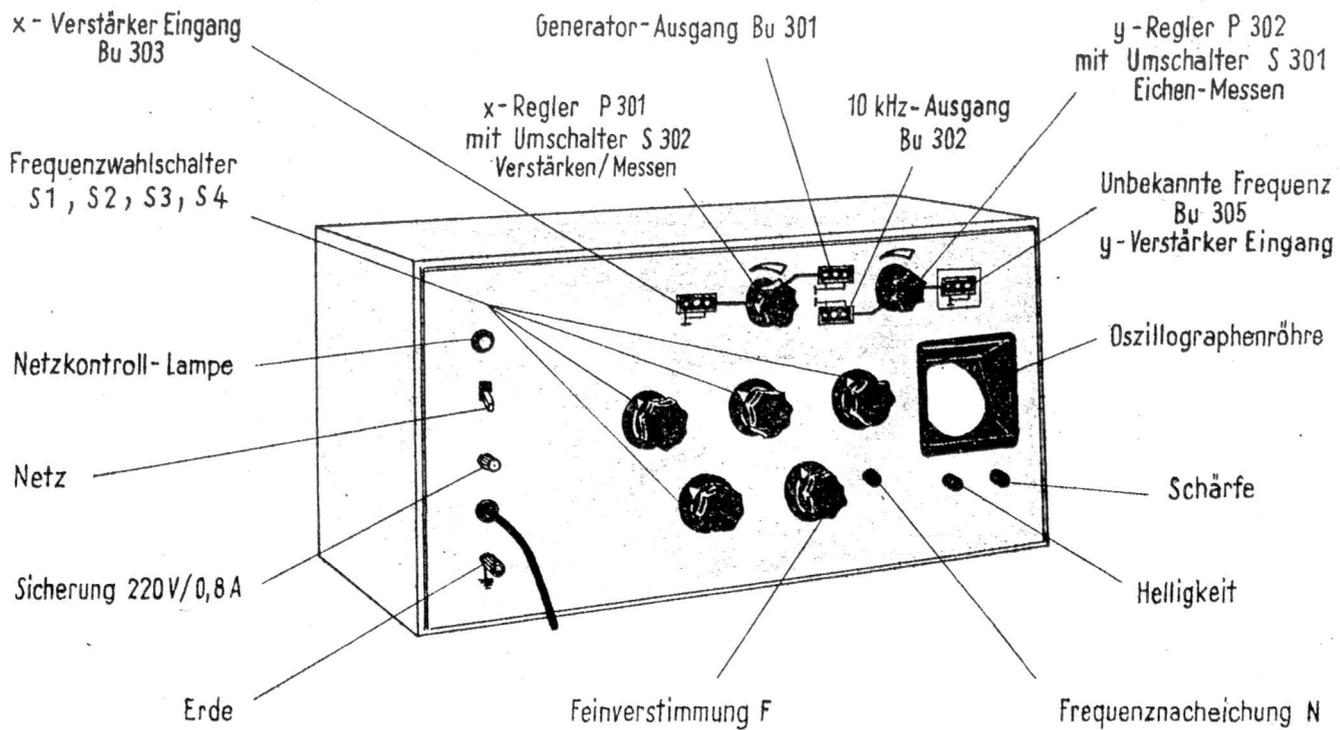
FM-35

BA 35 E

WANDEL u. GOLTERMANN · REUTLINGEN

Frequenz-Messgerät

FM-35



Inhaltsverzeichnis.

Geräteansicht:..... Seite 1
Bedienungsknöpfe:..... Seite 2
Elektrische Daten:..... Seite 4
Aufbau und Arbeitsweise:..... Seite 6
Bedienungsanweisung:..... Seite 8
Abbildungen:.....Seite 13

Elektrische Daten.

Frequenz-Messbereich:..... 10 Hz... 100 kHz

Generator-Frequenzbereich:..... 10 Hz...11,1 kHz

Frequenzstufen: 10 x 1 kHz; 10x100 Hz; 10x10 Hz; 10 x 1 Hz
Feinverstimmung, stetig:..... $\leq \pm 0,7\%$

Frequenzunsicherheit:

Feinverstimmung auf Null:.... n. 1 Std. $\leq 0,1\% \pm 0,5$ Hz

Frequenzwanderung:..... n. 2 Std. $\leq 2 \cdot 10^{-4}/\text{Std.}$

Netzspannungsabhängigkeit der Frequenz

Spannung 220 V ± 20 V:..... $f = 30$ Hz $\leq 5 \cdot 10^{-4}$

Eichfrequenz:..... 10 kHz ± 1 Hz

Temperaturabhängigkeit:..... $5^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ $\leq \pm 3 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

Generatorspannung:

an Bu 301 bei $R_A = 100$ kOhm:..... ≥ 40 V_{eff}

Klirrfaktor: $R_A = 100$ kOhm;... $U_A = 30$ V $\leq 2\%$

Eichfrequenz-Spannung:

an Bu 302 bei $R_A = 100$ kOhm:..... ≥ 70 V

Klirrfaktor: $R_A = 100$ kOhm;... $U_A = 60$ V $\leq 2\%$

X-Verstärker = X-Platten

Frequenzbereich:..... 10 Hz...10 kHz

Eingangsspannungsbedarf

für 1 cm Bildhöhe $\approx 15 V_{\text{eff}}$ $\approx 0,5 V_{\text{eff}}$

Max. Ausgangsspannung $R_A=100 \text{ kOhm}$ $\approx 40 V_{\text{eff}}$

Klirrfaktor:..... $R_A=100 \text{ kOhm}$; $U_A=30 \text{ V}$ $\approx 2\%$

Y-Verstärker = Y-Platten

Frequenzbereich:..... 10 Hz...100 kHz

Eingangsspannungsbedarf

für 1 cm Bildhöhe $\approx 10 V_{\text{eff}}$ $\approx 0,2 V_{\text{eff}}$

Max. Ausgangsspannung $R_A=100 \text{ kOhm}$ $\approx 70 V_{\text{eff}}$

Klirrfaktor:..... $R_A=100 \text{ kOhm}$; $U_A=60 \text{ V}$ $\approx 2\%$

Eingangswiderstand:... X-und Y-Verstärker1 MOhm $\pm 20\%$

Röhrenbestückung:..... 3 x E 80 L; 3 x E 80 F; 1 x E 83 F
1 x EBF 80; 1 x 85 A2 ; 1 xDG-7/31

Betriebsspannung:..... 40 - 60 Hz..... 110 V/220 V

Sicherung:..... 1 A/0,6 A

1. Aufbau und Arbeitsweise.

Das Frequenzmessgerät FM-35 enthält einen 4-dekadischen, brückenstabilisierten Generator, einen Oszillographen mit je einem einstufigen Horizontal- und Vertikal-Verstärker und einen elektronisch stabilisierten Netzteil. Abb.1 zeigt das Schaltbild des Gerätes.

Die zu messende unbekannt Frequenz f_u wird über einen regelbaren Verstärker auf die Vertikal-Platten einer Oszillographenröhre (DG-7/31) gegeben und mit der einstellbaren Generatorfrequenz f_G , die auf den Horizontal-Platten liegt, verglichen. Durch Verändern von f_G erhält man stehende Lissajous-Figuren.

Der brückenstabilisierte Generator besitzt einen Kaltleiter als Regelglied. Eine derartige Schaltung gewährleistet eine grosse Frequenzgenauigkeit, verbunden mit hoher zeitlicher Konstanz der Frequenz. Die frequenzbestimmenden Kondensatoren und Widerstände sind temperaturkompensiert und befinden sich in einem besonders abgeschirmten Gehäuse.

Vier Frequenzschalter erlauben rasche und sichere Einstellung der gewünschten Frequenz in Stufen zu 1 Hz. Ein weiterer Feinverstimmungsknopf ermöglicht eine Frequenz-Feinverstimmung um +7%, so dass eine stetige Frequenzeinstellung bis 70 Hz möglich ist.

Ein eingebauter, quarzgesteuerter Eichoszillator liefert eine 10 kHz-Spannung, deren Frequenz um weniger als ± 1 Hz vom Nennwert abweicht und mit der die Generatorfrequenz geeicht werden kann.

Die Generatorspannung und die Eichoszillatorspannung kann parallel zu den Ablenkplatten abgenommen werden, so dass sowohl eine Spannung veränderlicher Frequenz und hoher Genauigkeit zur Verfügung steht, als auch eine 10 kHz Standard-Frequenz mit einer maximalen Abweichung von $1 \cdot 10^{-4}$.

An den Eingang des Y-Verstärkers, der einen Frequenzbereich von 10 Hz...100 kHz besitzt, kann entweder die Spannung des eingebauten Eichoszillators angelegt werden oder von aussen die Spannung, deren Frequenz gemessen oder die verstärkt werden soll.

Die verstärkte Spannung gelangt an die vertikalen Y-Platten und kann gleichzeitig an dem zu den Y-Platten parallelen Ausgang abgenommen werden.

Die Generatorspannung gelangt über den X-Verstärker an die horizontalen X-Platten und ist gleichfalls am parallel zu den X-Platten liegenden Generatorausgang zugänglich. Der Eingang des X-Verstärkers kann ebenfalls mit einem Umschalter vom Generator abgetrennt werden, so dass auch eine fremde Spannung von aussen an dem X-Verstärker-Eingang angeschlossen und verstärkt werden kann. Dadurch ist das Gerät ausserordentlich vielseitig verwendbar.

Der Netzteil des Generators ist elektronisch stabilisiert. Die Spannungen für die Oszillographenröhre werden in einem gesonderten Netzteil erzeugt.

2. Bedienungsanweisung.

a) Anschluss des Gerätes.

Das Gerät wird an 220 V Wechselspannung angeschlossen. Nach Einschalten des Netzschalters muss die Netz-Kontrolllampe aufleuchten. Das Gerät ist mit 0,8 A abgesichert.

Zweckmässig lässt man das Gerät ca. 1/2 Stunde einbrennen. Nach einer Einbrennzeit von einigen Minuten muss sich die Oszillographenröhre nach Schärfe und Helligkeit regeln lassen.

b) Frequenzwahl.

Die Einstellung der Generatorfrequenz erfolgt mit den 4 Frequenzwahlschaltern "S 1", "S 2", "S 3" und "S 4", sowie mit der geeichten Feinverstimung "F". Wird der Feinverstimungsregler "F" in seine Nullstellung gedreht, dann kann die Frequenz mit der angegebenen Unsicherheit mit den 4 Dekadenschaltern eingestellt werden. Wird der Regler "F" bedient, dann ist von der mit den Dekadenschaltern eingestellten Frequenz der am Regler "F" eingestellte Prozentsatz zu subtrahieren oder dazu zu addieren. Der Feinregler "F" wird zweckmässig nach Gebrauch stets wieder in seine "Nullstellung" zurückgedreht.

Wird die Frequenz mit höchster Genauigkeit benötigt, dann wird die Generatorfrequenz mit Hilfe des eingebauten 10 kHz Quarzoszillators geeicht.

c) Frequenzeichung.

Um die Generatorfrequenz eichen zu können, wird der rechte Reglerknopf (P 302) gezogen, wodurch der Y-Verstärkereingang von der Eingangsbuchse Bu 305 abgetrennt und an den Eichoszillator angeschlossen wird. An den Vertikalplatten des Oszillographen und an dem parallel liegenden 10 kHz-Ausgang Bu 302 (Y-Verstärker-Ausgang) erscheint dann die 10 kHz-Eichspannung. Mit dem Regler P 302 kann die Grösse der Y-Auslenkung am Oszillograph geregelt werden.

Mit dem Schalter S₁ wird nun die Frequenz 5 kHz eingestellt. Alle übrigen Schalter und die Feinverstimung stehen auf Null. Es muss jetzt auf dem Oszillographen eine 2-schleifige Lissajous-Figur erscheinen, die mit der Frequenzeichung "N" zum völligen Stillstand gebracht werden kann. Die Frequenzen, die mit den Schaltern S₁ - S₄ eingestellt werden, liegen dann innerhalb der auf Seite 4 angegebenen Fehlergrenzen. Der Generator ist geeicht.

Für genauere Messungen können auch noch die Fehler des ersten Schalters eliminiert werden, indem S_1 oder S_2 auf den Wert der zu messenden Frequenz gestellt wird, und die Eichung, wie beschrieben, durchgeführt wird. Soll z.B. die Frequenz 3865 gemessen werden, dann wird S_1 auf 3 kHz gestellt und die Eichung durchgeführt. Soll die Frequenz 865 Hz gemessen werden, dann wird S_1 auf Null und S_2 auf 800 Hz gestellt und die Eichung durchgeführt.

Für noch genauere Messungen ist es erwünscht, auch noch die Fehler des zweiten Schalters auszuschalten. Es wird, entsprechend dem erstgewählten Beispiel, der Schalter S_1 auf 3 kHz und S_2 auf 800 Hz gestellt und dann die Eichung durchgeführt. Ein noch besseres Eichergebnis wird erzielt, wenn man anschließend den Schalter S_3 von Null auf 100 Hz stellt und die dann erscheinende vielschleifige Lissajous-Figur nochmals zum Stillstand bringt. Wird dann S_3 auf 60 Hz und S_4 auf 5 Hz gestellt, gibt der Generator die gewünschte Frequenz mit etwa $\pm 0,5$ Hz Unsicherheit ab!

Die Abb.2 zeigt oben die Einbrennkurve verschiedener Frequenzen, unten die Frequenzänderung, die eintritt, wenn die Netzspannung um ± 20 V gegenüber 220 V geändert wird.

d) Eichoszillator.

Der Eichoszillator enthält einen 10 kHz-Quarz im Thermostaten. Seine Frequenz ist auf $\pm 1 \cdot 10^{-4}$ oder ± 1 Hz genau. Ein Temperatureinfluss ist bei normalen Betriebsbedingungen nicht vorhanden. Im Temperaturbereich von $+5^\circ\text{C}$ bis $+35^\circ\text{C}$ ist die Frequenzwanderung kleiner als $3 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$, d.h. bei den üblichen Betriebstemperaturen zwischen $+20^\circ\text{C}$ und $+35^\circ\text{C}$ ist die Frequenzänderung kleiner als $5 \cdot 10^{-5}$ oder weniger als 0,5 Hz.

Die Frequenz des Eichoszillators kann ihrerseits gegen eine höherwertige Normalfrequenz verglichen werden, indem diese Normalfrequenzspannung an den X-Verstärkereingang Bu 303 angeschlossen wird. Durch Ziehen des Reglerknopfes P 301 wird der Generator vom X-Verstärker abgetrennt und der Eingang des X-Verstärkers an die Buchsen Bu 303 gelegt. Auf dem Oszillographenschirm erscheint dann eine dem Frequenzverhältnis 10 kHz zur Normalfrequenz entsprechende Lissajous-Figur (Abb.3), die sich nur sehr langsam drehen darf! Falls notwendig, kann der Eichoszillator durch Nachregulieren des auf der Rückseite des Quarzoszillators angebrachten Trimmers T (Abb.4) seinerseits nachgeeicht werden. Das Gerät muss hierzu ausgebaut werden.

e) Frequenzmessung.

Nachdem der Generator etwa 1/2 Stunde eingebrannt ist und geeicht wurde, kann mit der Frequenzmessung begonnen werden. Die Spannung, deren Frequenz gemessen werden soll, wird an

den dick umrandeten Eingang Bu 305 angeschlossen. Die Druck-Zugschalter der Regler P 302 und P 301 werden beide eingedrückt. Es liegt dann die Generatorspannung an den horizontalen X-Platten und die Prüflingsspannung an den vertikalen Y-Platten der Oszillographenröhre. Die Grösse der Strahlauslenkung in der Vertikalen und Horizontalen wird mit den Reglern P 301 und P 302 einreguliert.

Durch Betätigen der Frequenzschalter S₁ bis S₄ wird nun die Generatorfrequenz so lange geändert, bis eine ein-oder mehrschleifige Lissajous-Figur auf dem Oszillographen erscheint. Mit dem Feinregler "F" wird diese Figur zum völligen Stillstand gebracht.

Ist ein Kreis oder eine Ellipse zu sehen, dann ist die eingestellte Generatorfrequenz f_g und die angelegte unbekannte Frequenz f_u gleich gross, und $f_u = f_g$ kann an den Schaltern S₁ - S₄ abgelesen werden.

Der am Feinregler "F" abgelesene Prozentsatz der eingestellten Generatorfrequenz ist von dieser abzuziehen oder zu dieser hinzuzuzählen, je nachdem ob in die negative oder positive Richtung verstimmt werden musste. Ist z.B. die an den Schaltern S₂ - S₄ abgelesene Frequenz 375 Hz und wird an der Feinverstimmung der Wert -2% abgelesen, dann beträgt die unbekannte Frequenz $f_u = 375 \text{ Hz} - 0,375 \cdot 2 \text{ Hz} = 375 \text{ Hz} - 0,75 \text{ Hz} = 374,25 \text{ Hz}$.

Der direkte Frequenzvergleich lässt sich von 10 Hz bis 11 kHz durchführen. Eine unbekannte Frequenz f_u , die grösser als 11 kHz ist, kann ebenfalls noch gemessen werden und zwar bis hinauf zu etwa 100 kHz. Es entstehen dann, wenn f_u grösser als f_g ist, mehrschleifige Lissajous-Figuren. Sie werden zum Stehen gebracht, wenn die unbekannte Frequenz f_u ein ganzzahliges Verhältnis zur eingestellten Generatorfrequenz hat. Figurenbeispiele sind in Abb.3 dargestellt.

Ist die zu messende Frequenz völlig unbekannt, dann kann zum schnelleren Auffinden vor den Y-Eingang ein umschaltbares Oktav-oder Terzfilter geschaltet werden. In dem Durchlassbereich, in dem der grösste Vertikalausschlag auftritt, ist die Frequenz zu suchen!

Sollen nur kleine Frequenzänderungen gemessen werden, z.B. die Frequenzänderung eines Oszillators bei Netzspannungsänderung oder Temperaturänderung, dann bringt man zunächst durch Einstellen der Generatorfrequenz und durch Betätigen der Frequenznacheichung "N" die Lissajous-Figur zum völligen Stillstand. Der Eichregler bleibt dabei auf der Nullstellung stehen! Ändert sich nun die Prüflingsfrequenz ein wenig, dann beginnt die Lissajous-Figur sich langsam zu bewegen und kann mit der Frequenzfeinverstimmung "F" wieder zum Stillstand gebracht werden. Die Grösse und die Richtung der Frequenzänderung in Promille wird direkt an der Feinverstimmungsskala abgelesen.

Das Frequenzmessgerät eignet sich auch sehr gut für den Parallelbetrieb mit einem elektronischen Zähler (Counter). Während der elektronische Zähler die mittlere Frequenz, gemessen über eine bestimmte Messzeit, angibt, zeigt das Frequenzmessgerät die Momentanfrequenz an. Beide Geräte ergänzen sich ideal.

f) Der Frequenzmesser als Generator.

Die vom Oszillator erzeugte Frequenz kann auch an dem Generatorausgang Bu 301 abgenommen werden. Die Abb.5 zeigt oben den Klirrfaktor in Abhängigkeit von der Grösse der entnommenen Spannung für $R_a = 100 \text{ k}\Omega$ und $R_a = 1 \text{ M}\Omega$ und unten die notwendige Eingangs- und Ausgangsspannung über der horizontalen Auslenkung (Bildbreite).

g) Der X-Verstärker.

Wird der Reglerknopf P 301 herausgezogen und damit der Umschalter S 302 betätigt, dann ist die Buchse 303 an den X-Verstärkereingang angeschlossen und der Generator abgetrennt. Es kann jetzt der X-Verstärker getrennt benutzt werden, z.B. um eine äussere Spannung an den Oszillographen zu legen. Die verstärkte Spannung gelangt an die X-Platten und gleichzeitig an die Buchsen 301, wo sie wieder abgegriffen werden kann, so dass ein Spannungsverstärker für den Frequenzbereich 10 Hz bis 10 kHz zur Verfügung steht. Seine maximale Verstärkung beträgt etwa 50. Die Abb.5 gilt auch für die Speisung des X-Verstärkers mit einer Fremdspannung, da der Klirrfaktor der Generatorspannung nur etwa 0,2% beträgt. Die Abb.6 zeigt den Frequenzgang des X-Verstärkers. Sein Eingangswiderstand beträgt 1 M Ω , der Innenwiderstand 100 k Ω .

h) Der Y-Verstärker.

Wird der Reglerknopf des Reglers P 302 eingedrückt, dann wird der Eingang des Y-Verstärkers an die Buchsen 305 gelegt. Wird der Knopf gezogen, dann liegt der eingebaute Eichoszillator an seinem Eingang.

An den Ausgangsbuchsen Bu 302, die parallel zu den Y-Ablenklplatten des Oszillographen liegen, erscheint dann entweder die an den Buchsen Bu 305 angelegte Spannung oder die 10 kHz-Spannung des Eichoszillators.

Die Abb.7 zeigt den Klirrfaktor der 10 kHz-Spannung des Eichoszillators am Ausgang Bu 302 in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung U_A . Der Klirrfaktor der Eichoszillatorspannung am Eingang beträgt etwa 0,3%, so dass dieselbe Abbildung auch für Aussteuerung mit einer Fremdspannung gilt. In Abb.6 unten ist der Frequenzgang der Ausgangsspannung bei konstanter Eingangsspannung angegeben. Er ist reglerstellungsabhängig.

Die maximale Verstärkung beträgt etwa 100, wie aus Abb.7 unten zu entnehmen ist.

Der Eingangswiderstand beträgt 1 MOhm und der Innenwiderstand 30 kOhm.

Anmerkung!

Die auf Seite 4 und 5 angegebenen Werte sind Garantiewerte.

Die Beschreibung und die Kurven dieser Beschreibung enthalten Werte, die an einem durchschnittlichem Gerät der Serie gemessen wurden. Sie sind also nicht als Garantiewerte aufzufassen.