

**SCHOMANDL**

31-3-'76  
8-9-'76  
7-7-'77



**Frequenzvergleichsempfänger EA 155 K**

**Beschreibung**

FREQUENZVERGLEICHSEMPFÄNGER mit FERRITANTENNE EA 155 k

m.i.v. 1986 EA 155k

Technische Information

Er dient zur Verbesserung der Genauigkeit von quarzgesteuerten Frequenz-Messern, -Dekaden, -Zählern und ähnlichen Geräten durch Vergleich ihrer Steuerfrequenz mit der auf ca.  $1 \cdot 10^{-11}$  konstantgehaltenen Trägerfrequenz des Langwellensenders 155 kHz (Deutschlandfunk). Voraussetzung ist, daß diese Geräte einen Ausgang besitzen, dem von der Steuerfrequenz abgeleitete Festfrequenzen von 0,1 MHz, 1 MHz oder 10 MHz entnommen werden können (z.B. FD1, FD 100, FD 450, ND 60 M).

Kontrolle einer Steuerfrequenz von 0,1 MHz, 1 MHz oder 10 MHz durch eine drahtlos empfangene Trägerfrequenz höherer Genauigkeit

Mit dem Frequenzvergleichsempfänger EA 155 k kann an einem Instrument die Änderung der Phasenlage zweier Wechselspannungen beobachtet werden, wobei der Kehrwert der Dauer eines vollen Durchlaufs des Instrumentenzeigers ein Maß für die Frequenzabweichung ist. Eine der Wechselspannungen ist phasenstarr abgeleitet von der Frequenz, die kontrolliert bzw. nachjustiert werden soll; die andere Wechselspannung ist phasenstarr abgeleitet von einer 155 kHz-Bezugsfrequenz, die dem Empfänger von einer Antenne geliefert werden muß.

Die 155 kHz-Bezugsfrequenz ist die Trägerfrequenz eines im Raum Frankfurt befindlichen Langwellen-Rundfunksenders (Deutschlandfunk). Diese Trägerfrequenz wird von einem Steuergenerator sehr hoher Stabilität erzeugt und wird z. Z. vom Fernmeldetechnischen Zentralamt der Deutschen Bundespost für eigene Betriebsaufgaben überwacht und nachgeregelt. Da sich die Bodenwellen-Reichweite dieses praktisch ohne Betriebspausen arbeitenden Senders über ganz Deutschland erstreckt, ist die jeweilige örtliche Feldstärke in diesem Gebiet zeitlich sehr konstant.

Die Verwendbarkeit des Frequenzvergleichsempfängers wird daher praktisch nur von den örtlichen Störungen bestimmt. Zur Verringerung dieser Störungen dient die Ferritantenne.

Die sehr schmale Bandbreite ( $\pm 4$  Hz) des EA 155 k ermöglicht einen einwandfreien Frequenzvergleich auch an solchen Aufstellungsorten, an denen bei Empfang des Senders mit einem Rundfunkempfänger die Modulation gerade noch im Störpegel wahrgenommen werden kann.

Besonderheiten des EA 155 k

Entsprechend der vorgesehenen Verwendung in Verbindung mit transportablen oder kurzzeitig benützten Meßgeräten wird beim Empfänger EA 155 k auf die Erreichung extrem hoher Vergleichsgenauigkeit verzichtet zugunsten einer sehr schnell und irrtumsfrei auswertbaren Anzeige von Frequenzabweichungen der Größenordnung  $\pm 10000 \cdot \pm 5 \cdot 10^{-8}$ , so daß die Betätigung von Nachstellelementen zügig und ohne die beim Vergleich niedriger Frequenzen sonst notwendigen längeren Beobachtungs- bzw. Registrierzeiten erfolgen kann.

Dies wird erreicht durch eine 20-fache Spreizung des vom Instrument angezeigten Phasenbereiches, so daß bereits bei einer Phasenänderung von  $18^\circ$  der volle Anzeigebereich durchlaufen wird. Nach Erreichung des linken oder rechten Endausschlages kippt der Instrumentenzeiger in die entgegengesetzte Endlage und folgt von dort aus der weiteren Phasenänderung. Eine Nachjustierung der dem Empfänger zugeführten 0,1 MHz-, 1 MHz- oder 10 MHz-Frequenz erfolgt in der Weise, daß die Zeigerwanderung fast zum Stillstand gebracht wird.

Frequenzvergleichsempfänger mit Ferritantenne EA 155 k

Aus der Richtung der periodisch wiederkehrenden Zeiger-Rückläufe kann das Vorzeichen der Frequenzabweichung und aus der Anzahl der in einer bestimmten Zeitspanne erfolgenden Rückläufe (Schwebungen) kann der Betrag der Frequenzabweichung bestimmt werden. Da bei einer kontinuierlichen Phasenänderung von  $360^\circ$  zwischen der empfangenen 155 kHz-Spannung und der örtlich erzeugten Vergleichsfrequenz-Spannung der Zeiger des Anzeigeinstruments insgesamt 4 mal den gesamten Bereich durchläuft, ist die Anzahl der Zeigerrückläufe  $n$  pro Sekunde:

$$n/\text{sec} = 4 \cdot 155 \text{ kHz} \cdot \text{relativer Fehler } K$$

Dadurch ergibt sich der relative Fehler der örtlich erzeugten Frequenz

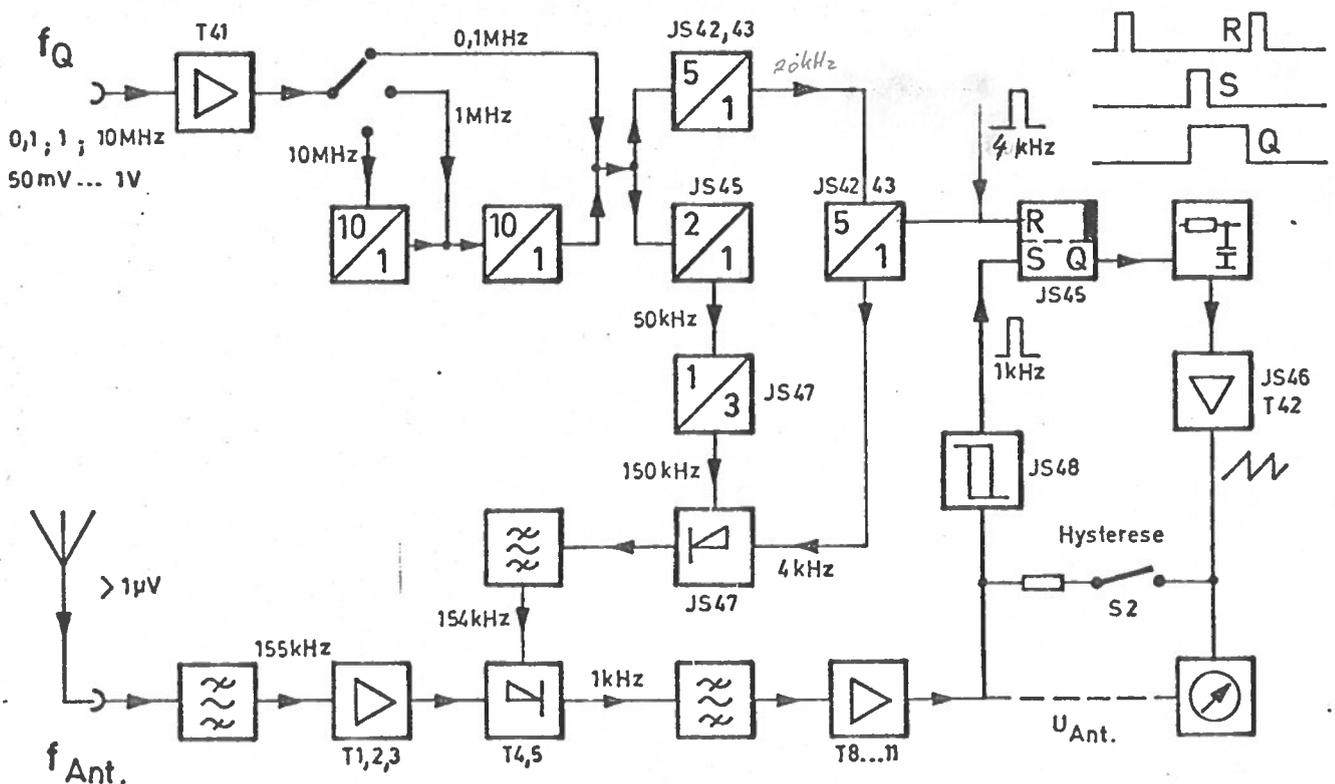
$$K = n \cdot \frac{16,13 \text{ sec}}{\text{Meßdauer (sec)}} \cdot 10^{-7}$$

Mann kann also entweder die Dauer von 1 oder 10 Zeigerdurchgängen mit der Stoppuhr ausmessen oder die Meßdauer auf ca. 32,3 Sekunden festlegen und die in dieser Zeitspanne erfolgenden Zeigerrückläufe zählen.

Der relative Fehler der eingespeisten Vergleichsfrequenz ist dann  $K = n \cdot 161,3 \text{ sec} \cdot 10^{-8}$

Um zu verhindern, daß bei stillstehender Phase am Rande des Anzeigebereiches durch kleine störungsbedingte Phasenschwankungen ein wiederholtes Umspringen des Zeigers zwischen den Endstellungen erfolgt, kann wahlweise eine Hysterese der Anzeige eingeschaltet werden, die bewirkt, daß nach dem Umspringen in eine der Endlagen das Zurückspringen in die entgegengesetzte Endlage erst nach einer nennenswerten Phaserrückdrehung erfolgt. Diese Einrichtung bewirkt auch, daß bei hoher Frequenzdifferenz die schnellen Pendelungen des Zeigers je nach Vorzeichen der Frequenzabweichung entweder in der oberen oder unteren Hälfte des Anzeigebereichs erfolgen.

Die Stromversorgung erfolgt aus 4 Monozellen  $34\phi \times 61,5 \text{ mm}$  (IEC R20). Bei Kurzzeitbetrieb ist die Lebensdauer des Batteriesatzes mehr als 80 Stunden, die in einem Zeitraum von einem Jahr für einen täglichen Betrieb von 10 Minuten ausreichen.



## Frequenzvergleichsempfänger EA 155 k

Bei sehr geringer Frequenzabweichung (kleiner als  $2 \cdot 10^{-7}$ ) ist erkennbar, daß das Pendeln des Zeigers nach einer Sägezahnfunktion erfolgt. Das Vorzeichen der Abweichung kann nunmehr aus der Richtung des schnellen Zeigerrücklaufes bestimmt werden: einer positiven Frequenzabweichung entspricht eine langsame Wanderung des Zeigers von rechts nach links und ein schneller Rücklauf von links nach rechts. Auch jetzt wird jedoch der Mittelwert der Zeigerbewegung um  $40 \mu\text{A}$  bzw.  $60 \mu\text{A}$  liegen. Will man den ganzen Instrumentenbereich ausnützen, so kann der kleine Umschalter rechts unten in die linke Stellung gebracht werden. Diese Stellung eignet sich zur Beobachtung langsamer Phasenänderungen besser, da der Instrumentenbereich nicht nur zu 60 % ausgenützt wird. Ihre Benützung hat jedoch zwei Nachteile:

- a) wenn die Phasenlage zufällig um einen Endwert der Anzeige herum pendelt, kann ein mehrmaliges Umspringen zwischen Null und Vollausschlag auftreten, was eine hohe Frequenzabweichung vortäuscht;
- b) bei schneller Frequenzabweichung pendelt der Zeiger um  $50 \mu\text{A}$ , so daß kein Unterschied zwischen positiver und negativer Frequenzabweichung möglich ist.

Eine Erläuterung der Wirkungsweise dieses Umschalters findet sich im Anhang (Abschnitt 5.).

### 3.3 Nachstellen des Quarzgenerators

Nachdem festgestellt worden ist, daß genügend Antennenspannung vorhanden ist und in der obersten Stellung des Hauptschalters ein Instrumentenausschlag um  $40$  oder  $60 \mu\text{A}$  bzw. ein Pendeln des Zeigers erzielbar ist, wird der Quarzgenerator solange nachgestellt, bis die Pendelung des Zeigers nahezu zum Stillstand kommt. Als Richtwert sei angeführt, daß eine Pendelung mit einem Durchgang in  $16,13 \text{ sec}$  bzw. 10 Durchgängen in  $32 \text{ sec}$  einer Frequenzabweichung von  $1 \cdot 10^{-7}$  entspricht. Dies ist ungefähr die Grenze der Justiergenauigkeit, für die das Gerät empfohlen wird.

$16,1,3 \text{ sec}$

### 3.4 Messung der Frequenzabweichung

In manchen Fällen besteht die Aufgabe nicht darin, den Quarzgenerator nachzustellen, sondern vielmehr seine Frequenzabweichung möglichst genau festzustellen. Dies setzt entweder eine längere Beobachtung unter Zuhilfenahme einer Stoppuhr voraus, oder eine Registrierung. In beiden Fällen sind höhere Vergleichsgenauigkeiten als die eben erwähnten  $1 \cdot 10^{-7}$  erzielbar. Um den Zusammenhang zwischen der Wanderungsgeschwindigkeit des Zeigers und der Frequenzabweichung zu berechnen, muß man sich vergegenwärtigen, daß im Gerät eine Frequenzvervielfachung 1:20 eingebaut ist. Ein voller Zeigerdurchgang des Instrumentes entspricht also nicht einer Phasenänderung 0 bis  $360^\circ$  bei  $155 \text{ kHz}$ , sondern einer Phasenänderung 0 bis  $360^\circ$  bei einer Frequenz von  $4 \cdot 155 \text{ kHz} = 620 \text{ kHz}$ .

Es empfiehlt sich, mit der Stoppuhr die Zeit mehrerer Zeigerdurchläufe auszumessen und mit der Anzahl der beobachteten Zeigerdurchläufe zu dividieren, so daß ein zuverlässiger Wert für die Dauer  $T$  des mittleren Zeigerdurchlaufs gewonnen wird.

## Frequenzvergleichsempfänger EA 155 k

Die relative Frequenzabweichung kann dann bestimmt werden nach der Beziehung

$$\frac{\Delta f_q}{f_q} = \frac{16,13 \text{ sec}}{T} \cdot 10^{-7} \quad (T \text{ in sec})$$

### 3.5 Ausschalten

Da das Gerät keine Einlaufzeit benötigt, soll es zur Schonung der Batterien nach jeder Messung sofort wieder ausgeschaltet werden (Hauptschalter an der Frontplatte in unterster Stellung). Der Batteriesatz kann verwendet werden, solange die Prüfanzeige über 56  $\mu\text{A}$  (entsprechend 5,6 Volt) liegt.

### 4. Registrierung

Oberhalb des Instrumentes befinden sich zwei Buchsen (eine davon ist mit dem Gehäuse verbunden), an die ein empfindlicher Punktschreiber oder ein Linienschreiber mit Verstärker angeschlossen werden können. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß Punktschreiber nur bei sehr schneller Punktfolge und bei guten Empfangsverhältnissen befriedigend zusammenhängende Linienzüge ergeben und auch dann nur zur Ausmessung extrem kleiner Frequenzabweichungen benützt werden können. Dem Vollausschlag des Instrumentes entspricht eine EMK von ca. 3 V, die über einen Vorwiderstand von 4,7 k $\Omega$  an der Buchse verfügbar ist. Zu beachten ist, daß diese Buchse auch dann die vom Phasenvergleich gewonnene Spannung abgibt, wenn der Hauptschalter des Gerätes auf Messung der Antennenspannung umgeschaltet wird.

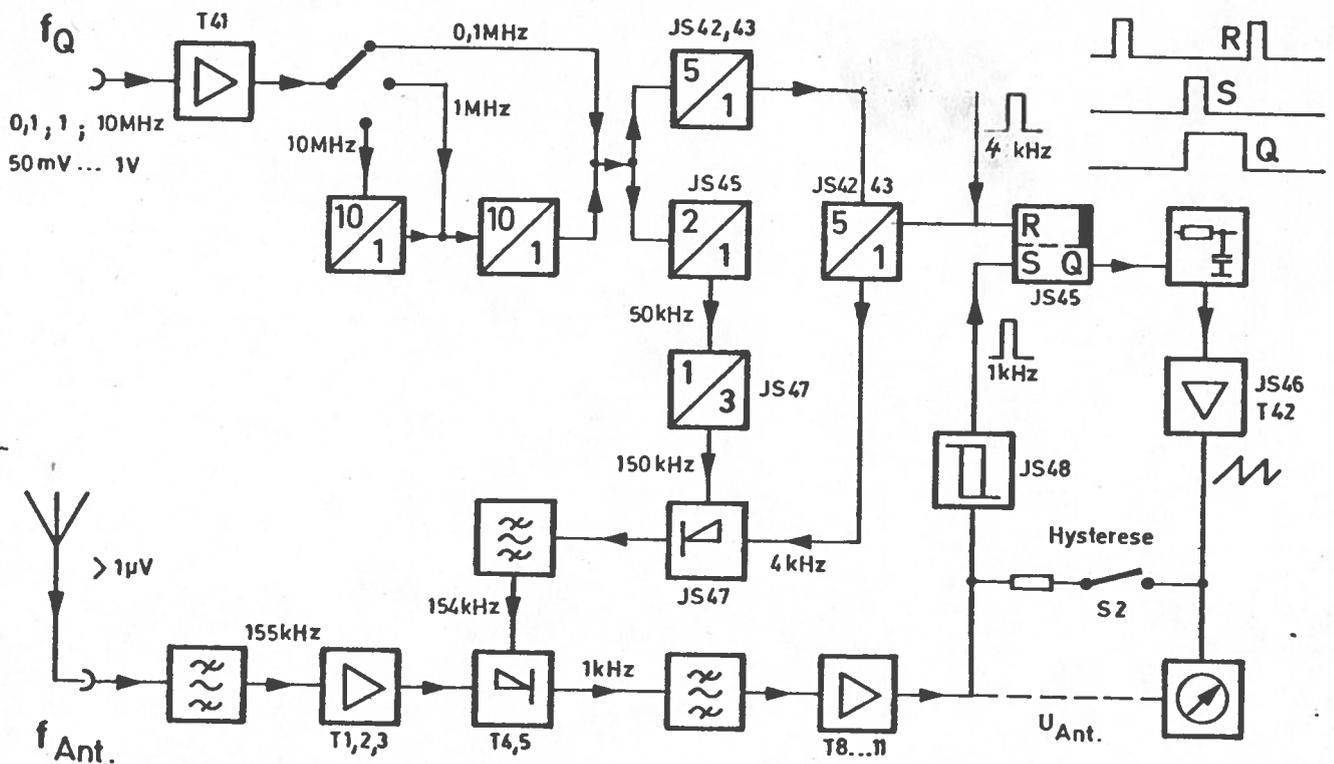
### 5. Anhang

Zum Verständnis der Wirkungsweise des Umschalters rechts unten (siehe Abschnitt 3.2) sei noch folgende Erläuterung angefügt:

Die Instrumentenanzeige wird aus einem Phasenvergleich zwischen der Antennenspannung und dem 1,55; 0,155 oder 0,0155-fachen der eingespeisten Quarz-Spannung gewonnen. Wegen der eingebauten Frequenzvervielfachung 1:20 ergibt sich ein Meßbereich, der einer Phasenänderung von 0 bis 360° bei einer Frequenz von ~~3100 kHz~~ <sup>620k</sup> entspricht. In der linken Stellung des kleinen Umschalters wird zur Darstellung dieses Phasenbereiches der ganze Instrumentenbereich benützt, so daß eine Zeigerpendelung um 10  $\mu\text{A}$  ungefähr einer Phasenänderung von 36° bei dieser Frequenz ~~3100 kHz~~ <sup>620k</sup> entspricht. Nach Erreichung eines der Endwerte (0° oder 360°) springt die Phasenanzeige in den anderen Endpunkt um. Falls sich jedoch in diesem Augenblick die Phase wieder um ein geringes zurückdreht, nimmt der Zeiger wieder seine ursprüngliche Lage ein. Bei gestörtem Empfang kann also ein ständiges Hin- und Herspringen des Zeigers auftreten. Im Falle einer Registrierung kann dies kaum zu Fehlmessungen führen, da sich der gestörte Kurvenzug deutlich vom kontinuierlichen Kurvenzug des regulären Phasendurchlaufs unterscheidet. Bei direkter Beobachtung des Instrumentes ist diese Erscheinung jedoch störend. Daher wurde in das Gerät eine sogenannte Phasengegenkopplung eingebaut, die mit dem kleinen Schalter in der rechten Stellung eingeschaltet ist. Diese Phasen-

## Frequenzvergleichsempfänger EA 155 k

gegenkopplung bewirkt, daß die Phase einer der beiden Spannungen in Abhängigkeit von der Anzeige zurück- oder vorgedreht wird. Sie ist unwirksam, wenn sich der Zeiger in der Mitte des Instrumentes befindet und nimmt in ihrer Wirkung an den Enden des Anzeigebereiches zu. Beim Umspringen der Anzeige von einem Endwert in den anderen wird also auch das Vorzeichen der Phasengegenkopplung vertauscht, so daß z. B. aus einer Phasenvordrehung eine Phasentrückdrehung wird. Infolge dieser Maßnahme springt die Anzeige nicht in die entgegengesetzte Endlage um, sondern nur knapp über die Mitte des Anzeigebereiches hinaus. Es bedarf dann einer erheblichen Rückdrehung der Phase, um das erneute Umspringen in die ursprüngliche Endlage zu bewirken. Diese "Hysterese" der Anzeige verhindert einerseits das oben erwähnte sporadische Umspringen zwischen zwei Endlagen und verändert auch den Mittelwert des Anzeigebereiches, so daß bei schneller Pendelung des Zeigers immer noch erkennbar ist, ob die Frequenzabweichung positiv oder negativ ist (siehe Abschnitt 3.2).



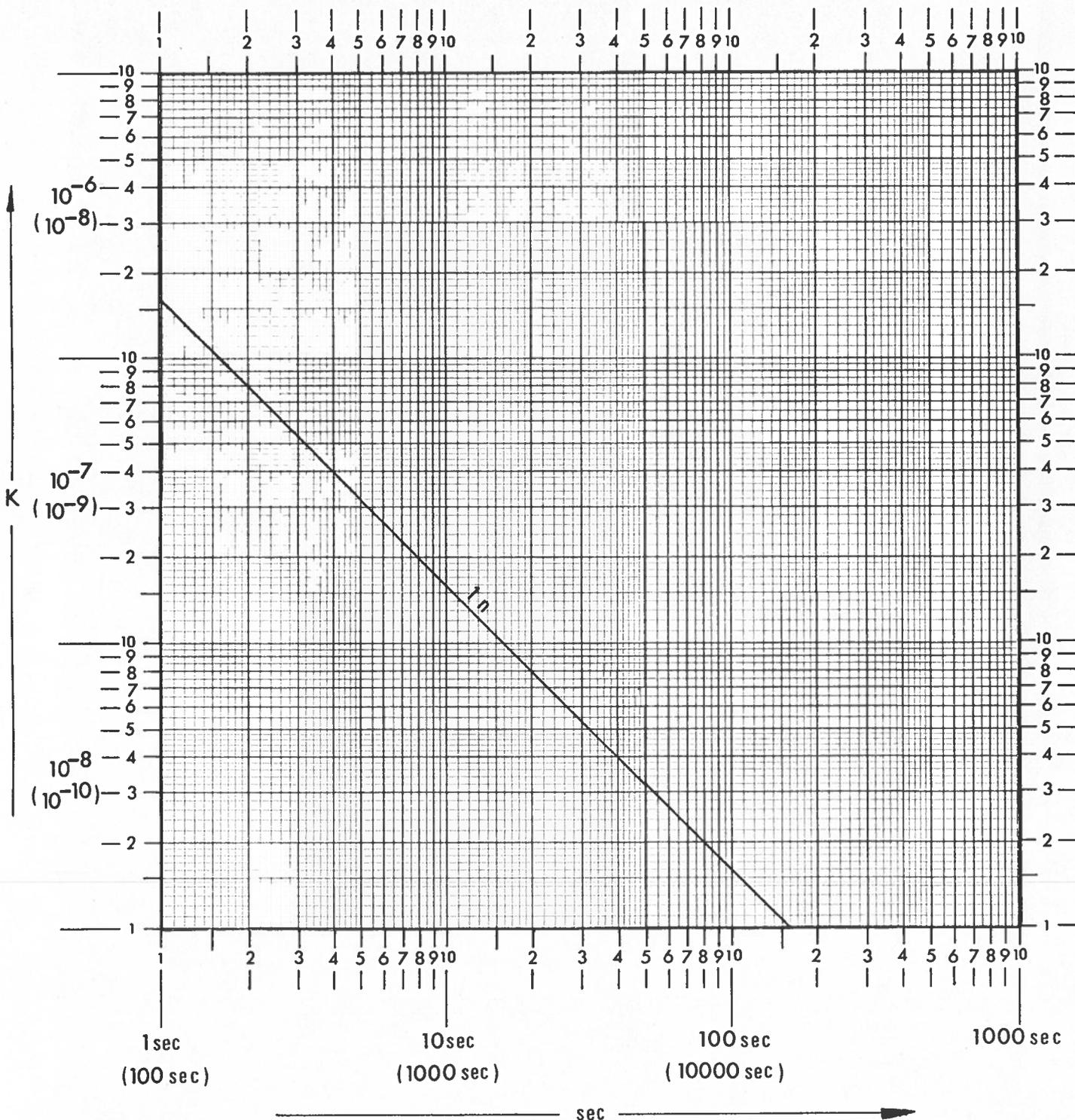
# NOMOGRAMM

zu EF 155 K

$$K = n \cdot \frac{16,13}{\text{Dauer eines Zeigerdurchg. (sec)}} \cdot 10^{-7}$$

$K$  = Frequenzabweichung

$n$  = Durchgänge (Rückl.) d. Instr.-Zeigers



FREQUENZVERGLEICHSEMPFÄNGER mit FERRITANTENNE EA 155 k

Bestellnummer: 187.20 K

Technische Daten

Empfangsfrequenz	155 kHz
Bandbreite des Empfängers	$\pm 4$ Hz
Benötigte Antennenspannung	min. 1 $\mu$ V (an ca. 50 $\Omega$ )
Benötigte Vergleichsfrequenz $f_Q$	100 kHz $\pm$ 3 Hz, 1 MHz $\pm$ 30 Hz, 10 MHz $\pm$ 300 Hz
Benötigte Spannung am Vergleichsfrequenzeingang $f_Q$	50 mV...1 V an ca. 1 k $\Omega$ , an ca. 100 $\Omega$ bei 10 MHz
- Anzeige	Änderung des Phasenwinkels
Erreichbare Genauigkeit	5 $\cdot$ 10 <sup>-8</sup> bei visueller Kontrolle 1 $\cdot$ 10 <sup>-9</sup> bei Registrierung
Stromversorgung	+ 5,6...7 V/35 mA; 20 mA bei 0,1/1 MHz aus 4 eingebauten Monozellen 34 $\varnothing$ x 61,5 mm (IEC R 20)
Buchsen	BNC
Abmessungen	185 (B) x 243 (H) x 117 (T) mm <sup>3</sup>
Gewicht mit Batterien	3,2 kg
Kostenloses Zubehör	1 Verbindungskabel mit Koaxialstecker BNC-BNC, ca. 8 cm lang BN: WN 371.05/01
Empfohlenes Zubehör	1 Verbindungskabel mit Koaxialstecker BNC-BNC, 4 m lang BN: WN 371.05/40 Zum Anschluß an eine räumlich entfernte Antenne.

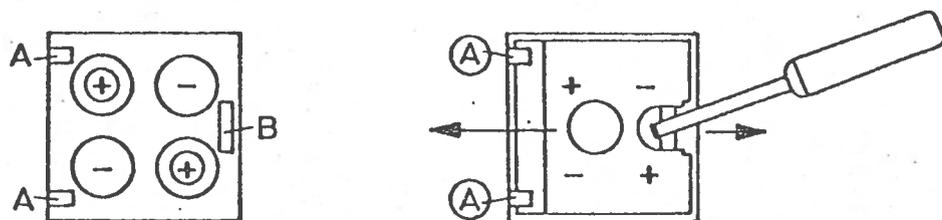
FREQUENZVERGLEICHSEMPFÄNGER EA 155 kBedienungsanleitung1. Anwendung

Der Frequenzvergleichsempfänger EA 155 k dient zur Feststellung der Frequenzabweichung von örtlichen Quarzgeneratoren bzw. zur schnellen Einstellung dieser Generatoren auf einen Restfehler von kleiner als  $1 \cdot 10^{-7}$ . Als Vergleichsnormale wird die Trägerfrequenz des Rundfunksenders Deutschlandfunk (155 kHz) benützt. Näheres über den Betrieb dieses Senders findet sich in der Arbeit von J. Bastelberger: "Der normalfrequente Träger des Deutschlandfunks 151 kHz", veröffentlicht in "Nachrichtentechnische Zeitschrift" (NTZ), 21. Jahrgang Heft 12, Dezember 1968.

2. Vorbereitung zum Betrieb2.1 Einsetzen der Batterien

Zur Stromversorgung des Gerätes werden 4 Stück Monozellen 1,5 Volt mit Durchmesser 34 mm (IEC R 20) benötigt. Um das Gerät vor Schäden durch auslaufende Säuren bei verbrauchter Batterie zu bewahren, soll eine dichte Ausführung verwendet werden (z.B. Varta/Pertrix 282).

Zum Einsetzen der Batterien wird an der Rückseite des Gerätes der mit zwei Schrauben befestigte Deckel abgeschraubt und die quadratische Platte aus Isolierstoff herausgenommen. Die 4 Monozellen werden so eingesetzt, daß ihre sichtbaren Seiten die auf der quadratischen Platte aufgedruckte Polarität aufweisen.



Anschließend wird die quadratische Platte aus Isolierstoff mit der verstärkten Kante unter die beiden auf der linken Seite befindlichen Messingbolzen A geschoben. Die rechte Seite der Platte muß unter den Widerhaken der Feder B gedrückt werden. Hierzu ist erforderlich, daß die Feder B mittels Schraubenzieher nach rechts gedrückt wird. Die Platte muß gleichzeitig nach links und auf die Batterien gedrückt werden.

Es empfiehlt sich noch vor Schließen des Deckels den an der Frontplatte befindlichen Hauptschalter von "Aus" in Stellung "Batt" zu schalten und zu überprüfen, ob das Instrument über  $60 \mu\text{A}$  (entsprechend 6 V Batteriespannung) ausschlägt. Notfalls sind die Federn im Batteriekasten zu reinigen.

## Frequenzvergleichsempfänger EA 155 k

2.2 Anschließen des zu Überprüfenden Quarzgenerators

In der linken unteren Ecke der Frontplatte befindet sich die BNC-Buchse  $f_Q$  für 0,1 MHz, 1 MHz und 10 MHz. Die hier eingespeiste Spannung soll zwischen 50 mV und 1 V liegen; der Eingangswiderstand beträgt ca 1 k $\Omega$  bei 0,1 und 1 MHz, ca 100  $\Omega$  bei 10 MHz.

2.3 Anschluß der Antenne

Die Ferritantenne wird an die BNC-Buchse  $f_{Ant}$  angeschlossen. Das Vorhandensein einer Antennenspannung wird am Instrument nur dann angezeigt, wenn gleichzeitig die Quarzfrequenz in das Gerät eingespeist wird.

3. Betrieb3.1 Überprüfen der Antennenspannung

Nach Herstellung aller in Abschnitt 2 erwähnten Verbindungen wird der Hauptschalter an der Frontplatte in Stellung  $U_{Ant}$  (dritte Stellung von unten) gebracht. Ein Instrumentenausschlag von 20  $\mu$ A oder größer zeigt an, daß die Antennenspannung für einen Betrieb des Gerätes ausreichend ist. Ausnahmen von dieser Regel sind bei sehr starken Störungen jedoch möglich. Bei extrem günstigen Störverhältnissen ist auch ein Betrieb mit kleineren Antennenspannungen durchzuführen. Die Ferritantenne ist so zu drehen, daß sich die maximale Empfangsspannung ergibt. Mit dem kleinen Drehknopf am Fuße der Antenne kann außerdem die Abstimmung korrigiert werden.

Je nach Tageszeit und Empfängerstandort kann das Peilmaximum verschieden scharf ausfallen; dies hat im allgemeinen jedoch keinen Einfluß auf die Wirkungsweise des Empfängers. Sollte jedoch gar kein Peilmaximum feststellbar sein, so liegt der Verdacht nahe, daß am Aufstellungsort des Empfängers sehr starke Störfelder vorhanden sind. In diesem Falle empfiehlt es sich, die Ferritantenne vom Empfänger zu trennen und an einem anderen Standort, z.B. an einem Fenster zu befestigen. Das Verbindungskabel zwischen Antenne und Empfänger kann ohne Beeinträchtigung der Wirkungsweise eine Länge von 100 Meter oder mehr aufweisen.

3.2 Feststellung der Frequenzabweichung und Vorzeichenbestimmung

Die Feststellung der Frequenzabweichung zwischen der Trägerfrequenz 155 kHz des Deutschlandfunk-Senders und dem 1,55-, bis 0,155 oder 0,0155-fachen der eingespeisten Quarz-Frequenz erfolgt in der mit einem Sägezahn gekennzeichneter obersten Stellung des Hauptschalters. Der kleine Umschalter in der rechten unteren Ecke des Gerätes wird zunächst zweckmäßigerweise nach rechts gestellt. Falls der eingespeiste Quarzgenerator eine Frequenzabweichung von  $10^{-5}$  oder mehr aufweist, so wird der Instrumentenanzeiger eine Lage um 40  $\mu$ A oder um 60  $\mu$ A einnehmen. Bei einer positiven Frequenzabweichung der eingespeisten Quarzfrequenz ergibt sich die Anzeige 40  $\mu$ A; bei einer negativen Frequenzabweichung die Anzeige 60  $\mu$ A. Wird nun der Quarzgenerator in seiner Frequenz nachgestellt oder hat er von vorneherein nur eine geringe Frequenzabweichung, so ist ein Pendeln des Zeigers erkennbar, das durch Korrigieren der Quarzfrequenz zum Stillstand gebracht werden kann.