

1092



**SCHOMANDL**

EF 151K

120369/ Be/si

Betr.: Bedienungsanleitung EF/AF 151 k  
=====

Die Angaben unter Punkt 2.1 Absatz 2 sind zwischenzeitlich nicht mehr gültig.

Ein Ergänzungsblatt mit den berichtigten Angaben wird nachgeliefert.

SCHOMANDL K.G.

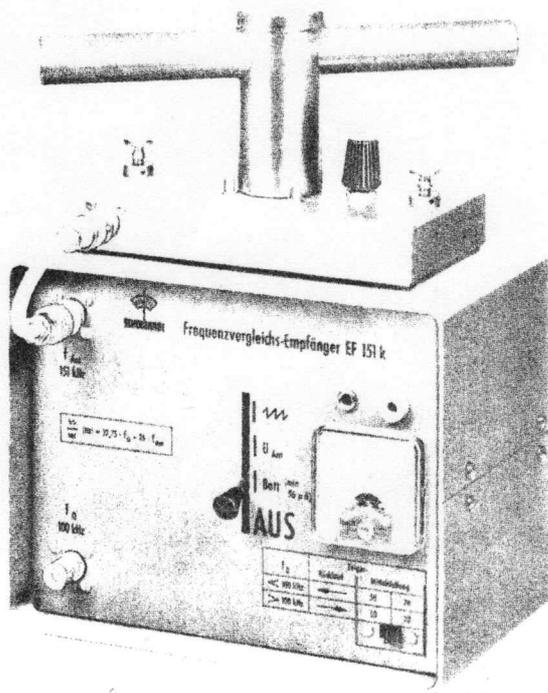
Der Frequenzvergleichsempfänger EF 151 k von Schomandl, ein kleines preiswertes Gerät, dient zum Prüfen und Nacheichen der Quarzgeneratoren in Frequenzmessern. Seine Bezugsfrequenz ist die Trägerfrequenz des Deutschlandfunks (151 kHz); er arbeitet nach der Schwebungsmethode (Nachstellgenauigkeit 0,5 bis  $1 \cdot 10^{-7}$ ) und läßt sich sehr leicht bedienen.



## Frequenzvergleichsempfänger EF 151 k

Die immer stärker werdende Belegung der Sprechfunkbänder (öffentliche und nichtöffentliche bewegliche Funkdienste) bleibt nicht ohne Auswirkungen auf die Meßtechnik, insbesondere steigen die An-

forderungen an die Frequenzmessung. Schon seit Jahren erfordern die zur Vermeidung von Nachbar kanalstörungen vorgeschriebenen engen Toleranzen für die Einhaltung der Kanalfrequenzen zur Prüfung und Wartung von Funk sprecheinrichtungen Frequenzmesser mit hochwertigen und temperaturstabilisierten Steuerquarzen. Der Übergang auf das 20-kHz-Kanalraster und die Freigabe eines Bandes im Gebiet von 450 MHz lassen die Anforderungen an die verwendeten Frequenzmesser nochmals um nahezu eine Größenordnung ansteigen. In Zukunft wird der zulässige Meßfehler unter 200 Hz liegen, entsprechend einem relativen Fehler von etwa  $4 \cdot 10^{-7}$  für das 450-MHz-Band.



Frequenzvergleichsempfänger EF 151 k

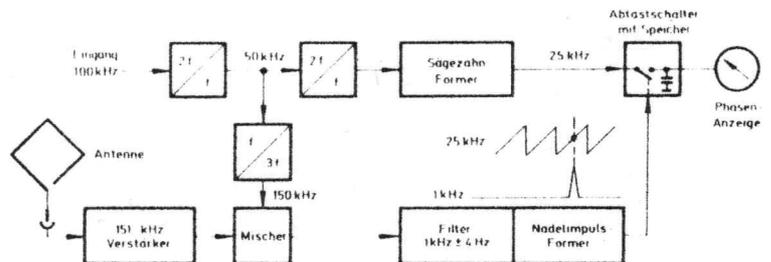
Die bei jedem Frequenzmesser unabhängig vom Steuerquarz auftretenden Meßfehler engen den Bereich für den zulässigen Fehler des Steuerquarzes noch mehr ein. Bei Überlagerungsfrequenzmessern sind der Ablesefehler der Feinskala und die Unschärfe des Schwebungsnulls zu berücksichtigen, bei Frequenzzählern die statistisch verteilte Schwankung der Zählzeit. Für den Steuerquarz selbst ist also ein Fehler von höchstens 2 bis  $3 \cdot 10^{-7}$  zulässig, der während der ganzen Lebenszeit des Gerätes nicht überschritten werden darf. Dieser Wert kann aber selbst bei teuren Quarzgeneratoren und mit Rücksicht auf die harten Bedingungen im mobilen Service nicht garantiert werden. Die eingebauten Quarzgeneratoren müssen deshalb alle ein bis zwei Wochen nachgeeicht werden. Hierzu dient der Frequenzvergleichsempfänger EF 151 k von Schomandl (Bild 1). Seine erreichbare **Vergleichsgenauigkeit** wurde, dem Verwendungszweck entsprechend, auf etwa **0,5 bis  $1 \cdot 10^{-7}$**  zugunsten eines sehr schnellen und irrtumsfreien Meßvorgangs beschränkt.

**Bezugsfrequenz** ist die Trägerfrequenz des im Raume Frankfurt/Main arbeitenden Langwellen-Rundfunksenders Deutschlandfunk. Sie beträgt **151 kHz**, wird von einem sehr stabilen Steuergenerator erzeugt und vom Fernmeldetechnischen Zentralamt der Deutschen Bundespost überwacht und nachgeregelt. Da die Bodenwelle dieses Senders, der praktisch pausenlos arbeitet, in ganz Deutschland mit ausreichender Feldstärke einfällt und sich örtliche Störungen mit der getrennt lieferbaren Ferritantenne AF 151 k ausblenden lassen, steht jederzeit eine zuverlässige

Zum Nachjustieren der untersuchten Quarzfrequenz wird die Zeigerbewegung des Schwebungsinstruments zum Stillstand gebracht.

Die beschriebene Zeigerbewegung und die 25fache Spreizung der Anzeige entstehen durch Abtasten eines 25-kHz-Sägezahn (gewonnen aus der zu messenden 100-kHz-Frequenz durch Teilung) mit einem von der Frequenz des Senders abgeleiteten (Mischung mit 150 kHz) Nadelimpuls der Folgefrequenz 1 kHz (Bild 2). Zusätzlich läßt sich eine Hysterese der An-

Blockschaltung des EF 151 k.



Vergleichsfrequenz zur Verfügung. Außerdem hat die Frequenz 151 kHz den Vorzug, daß keine Störungen des Empfangs durch Oberwellen der lokalen 100-kHz-Frequenz zu befürchten sind. Wegen seiner sehr schmalen **Bandbreite  $\pm 4$  Hz** kann der Vergleichsempfänger EF 151 k die Bezugsfrequenz noch empfangen, wenn bei einem normalen Rundfunkempfänger die Modulation schon im Störpegel untergeht.

Der **Frequenzvergleich** geschieht mit einem Schwebungsinstrument. Um eine schnell auswertbare Anzeige zu erhalten, wird der vom Instrument angezeigte Phasenbereich 25fach gespreizt, das heißt, ein voller Zyklus der Zeigerbewegung (z. B. von links nach rechts und wieder nach links) wird schon bei einer Phasenänderung von  $360^\circ/25 = 14,4^\circ$  durchlaufen. Zur einfachen Vorzeichenbestimmung der Phasenänderung bewegt sich der Zeiger dabei von links nach rechts (bei gegenläufiger Phasenänderung von rechts nach links) langsam, bei Erreichen des Endausschlages kippt er jedoch schnell in die Anfangsstellung zurück.

Die Zahl der schnellen Zeigerrückläufe innerhalb eines bestimmten Zeitraumes dient zum Bestimmen des **Betrages der Frequenzabweichung**, das **Vorzeichen** ergibt sich aus deren Richtung. Ist die Zahl der Zeigerrückläufe pro Sekunde  $n$  und der relative Fehler der zu messenden Frequenz  $k$ , dann gilt:

$$k = 2,645 n \cdot 10^{-7}$$

und für eine Meßzeit von 26,5 Sekunden:

$$k = (\text{Zahl der Rückläufe}) \cdot 10^{-8}$$

zeige einschalten, die ein wiederholtes schnelles Hin- und Herkippen des Zeigers verhindert, das bei stillstehender Phase am Rande des Anzeigebereichs durch kleine störungsbedingte Phasenschwankungen ausgelöst werden kann. Die künstliche Hysterese bewirkt, daß der Zeiger erst nach einer nennenswerten Rückdrehung der Phase in die andere Endlage umspringt. Außerdem erleichtert diese Einrichtung die Vorzeichenbestimmung der Frequenzabweichung, da bei hoher Frequenzdifferenz der Zeiger je nach Vorzeichen entweder in der oberen oder in der unteren Hälfte des Anzeigebereichs pendelt.

Die **Stromversorgung** des Frequenzvergleichsempfängers EF 151 k übernehmen vier eingebaute Monozellen (IEC R20). Der Batteriesatz reicht bei einer täglichen Betriebszeit von zehn Minuten für ein Jahr. Ein Netzgerät, das statt der Batterien in den Batterieraum paßt, ist in Vorbereitung, ebenso ein Frequenzteilervorsatz für Geräte, deren Quarzgenerator nur einen 1-MHz-Ausgang besitzt.

#### Kurzdaten des Frequenzvergleichsempfängers EF 151 k

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| Empfangsfrequenz                    | 151 kHz  |
| Erforderliche Eingangsspannung      | $\approx 1 \mu\text{V}_{\text{eff}}$ am Antenneneingang (ca. 50 $\Omega$ )<br>0,5 ... 4 $\text{V}_{\text{eff}}$ am 100-kHz-Vergleichsfrequenzeingang (ca. 1 k $\Omega$ ) |
| Bandbreite                          | 4 Hz   |
| Breite $\times$ Höhe $\times$ Tiefe | 185 $\times$ 148 $\times$ 117 mm   |
| Gewicht                             | 2,8 kg   |

## Frequenzvergleichsempfänger EF 151 k

=====

Bedienungsanleitung

## 1. Anwendung

=====

Der Frequenzvergleichsempfänger EF 151 k dient zur Feststellung der Frequenzabweichung von örtlichen 100 kHz-Quarzgeneratoren bzw. zur schnellen Einregelung dieser Generatoren auf einen Restfehler von kleiner als  $1 \cdot 10^{-7}$ . Als Vergleichsnormale wird die Trägerfrequenz des Rundfunksenders Deutschlandfunk (151 kHz) benutzt. 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.

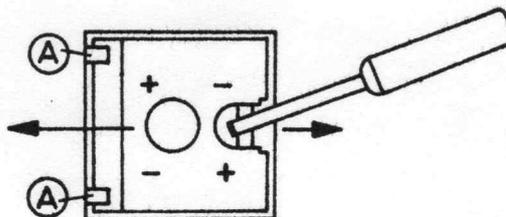
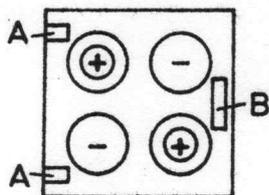
## 2. Vorbereitung zum Betrieb

=====

2.1 Einsetzen der Batterien

Zur Stromversorgung des Gerätes werden 4 Stück Monozellen 1,5 Volt mit Durchmesser 33 mm (IEC R 20) benötigt. Um das Gerät vor Schäden durch auslaufende Säuren bei verbrauchter Batterie zu bewahren, soll eine gasdichte Ausführung verwendet werden (z.B. Pertrix 232).

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 Rückseiten 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.

2.2 Anschließen des zu überprüfenden 100 kHz-Quarzgenerators

Dieser Anschluß erfolgt über die BNC-Buchse an der Frontplatte links unten. Die hier eingespeiste Spannung soll einen Wert von 0,5 bis 3 V aufweisen. Der Innenwiderstand des Eingangs beträgt ca. 2 k $\Omega$ .

### 2.3 Anschluß der Antenne

Die Antenne wird an die BNC-Buchse an der Frontplatte links oben angeschlossen. Zu beachten ist, daß dieser Eingang einen Innenwiderstand von ca. 50  $\Omega$  aufweist und eine Spannung von min. 1  $\mu$ V benötigt. Im Raum Frankfurt kann eine kurze Drahtantenne ausreichend sein, bei größeren Entfernungen von diesem Raum muß entweder eine gute Außenantenne oder die Ferritantenne AF 151 k verwendet werden. Das Vorhandensein einer Antennenspannung wird am Instrument nur dann angezeigt, wenn gleichzeitig die 100 kHz-Spannung in das Gerät eingespeist wird.

## 3. Betrieb

=====

### 3.1 Überprüfung der Antennenspannung

Nach Herstellung aller in Abschnitt 1 erwähnten Verbindungen wird der Hauptschalter an der Frontplatte in Stellung UAnt (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. Bei Verwendung der Peilantenne ist diese so zu drehen, daß sich die maximale Empfangsspannung ergibt. Mit dem kleinen Drehknopf am Fuße der Peilantenne kann außerdem die Abstimmung korrigiert werden.

Je nach Tageszeit und Empfängerstandort kann das Peilminimum verschieden scharf ausfallen: dies hat im allgemeinen jedoch keinen Einfluß auf die Wirkungsweise des Empfängers. Sollte jedoch gar kein Peilminimum feststellbar sein, so liegt der Verdacht nahe, daß am Aufstellungsort des Empfängers sehr starke Störfelder vorhanden sind. In diesem Falle empfiehlt es sich, die Peilantenne 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 151 kHz des Deutschlandfunk-Senders und dem 1,51-fachen der eingespeisten 100 kHz-Frequenz erfolgt in der mit einem Sägezahn gekennzeichneten obersten Stellung des Hauptschalters. Der kleine Umschalter in der rechten unteren Ecke des Gerätes wird zunächst zweckmäßigerweise nach rechts gestellt. Falls der eingespeiste 100 kHz-Quarzgenerator eine Frequenzabweichung von  $10^{-5}$  oder mehr aufweist, so wird der Instrumentenzeiger eine Lage um 30  $\mu$ A oder um 70  $\mu$ A einnehmen. Bei einer positiven Frequenzabweichung der eingespeisten 100 kHz-Quarzfrequenz ergibt sich die Anzeige 30  $\mu$ A; bei einer negativen Frequenzabweichung die Anzeige 70  $\mu$ A. Wird nun der Quarzgenerator durch Verändern 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. 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  $30 \mu\text{A}$  bzw.  $70 \mu\text{A}$  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, das 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 Einregelung des 100 kHz-Quarzgenerators

Nachdem festgestellt worden ist, daß genügend Antennenspannung vorhanden ist und in der obersten Stellung des Hauptschalters ein Instrumentenausschlag um  $30$  oder  $70 \mu\text{A}$  bzw. ein Pendeln des Zeigers erzielbar ist, wird der nachzustellende Quarzgenerator solange verdreht, bis die Pendelung des Zeigers nahezu zum Stillstand kommt. Als Richtwert sei angeführt, daß eine Pendelung mit einem Durchgang in  $2,6 \text{ sec}$  bzw.  $10$  Durchgängen in  $26 \text{ sec}$  einer Frequenzabweichung von  $1 \cdot 10^{-7}$  entspricht. Dies ist ungefähr die Grenze der Justiergenauigkeit, für die das Gerät empfohlen wird.

### 3.4 Messung der Frequenzabweichung

In manchen Fällen besteht die Aufgabe nicht darin, den Quarzgenerator nachzuregulieren, 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 oben 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  $1:25$  eingebaut ist. Ein voller Zeigerdurchgang des Instrumentes entspricht also nicht einer Phasenänderung  $0$  bis  $360^\circ$  bei  $151 \text{ kHz}$ , sondern einer Phasenänderung  $0$  bis  $360^\circ$  bei einer Frequenz von  $25 \cdot 151 \text{ kHz} = 3775 \text{ kHz}$ .

Es empfiehlt sich, mit der Stoppuhr die Zeit mehrerer Zeigerdurchläufe auszumessen und durch Division mit der Anzahl der beobachteten Zeigerdurchläufe zu dividieren, so daß ein zuverlässiger Wert für die Dauer T des mittleren Zeigerdurchlaufs gewonnen wird. Die relative Frequenzabweichung kann dann bestimmt werden nach der Beziehung

$$\frac{\Delta f_q}{f_q} = \frac{2,649}{T} \cdot 10^{-7}$$

### 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  $\mu$ 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. 2 V, die über einen im Inneren des Gerätes einstellbaren Vorwiderstand von 0 bis 25 k $\Omega$  an der Buchse verfügbar ist. Bei Auslieferung wird dieser Vorwiderstand auf den kleinsten Wert eingestellt, so daß der verwendete Schreiber auch ohne Öffnen des Gerätes mit einem äußeren Vorwiderstand oder Spannungsteiler angepaßt werden kann. Die maximal zulässige Stromentnahme beträgt 2 mA. 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:

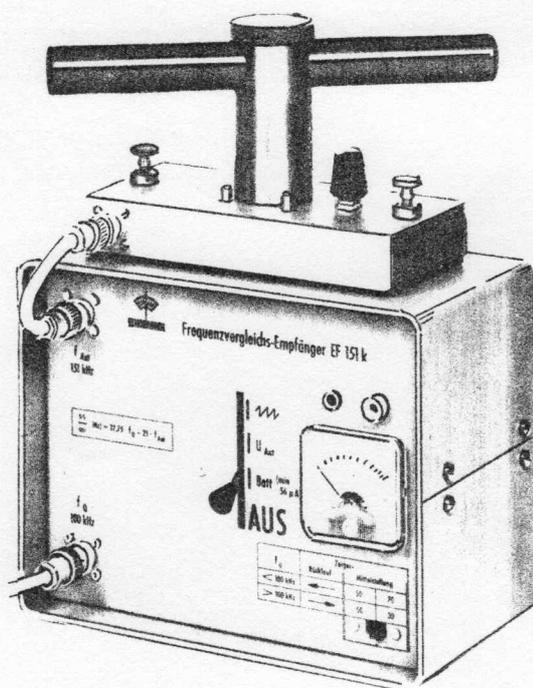
Die Instrumentenanzeige wird aus einem Phasenvergleich zwischen der Antennenspannung und dem 1,51-fachen der eingespeisten 100 kHz-Spannung gewonnen. Wegen der eingebauten Frequenzvervielfachung 1:25 ergibt sich ein Meßbereich, der einer Phasenänderung von 0 bis 360° bei einer Frequenz von 3775 kHz entspricht. In der linken Stellung des kleinen Umschalters wird zur Darstellung dieses Phasenbereiches der ganze Instrumentenbereich benützt, so daß eine Zeigerpendelung um 10  $\mu$ A ungefähr einer Phasenänderung von 36° bei dieser Frequenz 3775 kHz entspricht. Nach Erreichen 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 wird. Diese Phasengegenkopplung bewirkt, daß die Phase einer der beiden verglichenen 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).

## FREQUENZVERGLEICHSEMPFÄNGER

### mit FERRITANTENNE

Zur Verbesserung der Meßgenauigkeit von quarzgesteuerten Frequenzmessern (z.B. FD 1) durch Vergleich ihrer Steuerfrequenz mit der Trägerfrequenz des Langwellensenders 151 kHz (Deutschlandfunk). Voraussetzung ist, daß der Frequenzmesser einen 100 kHz-Festfrequenzausgang besitzt, der von der Steuerfrequenz abgeleitet ist. (z.B. bei FD 1)



#### Anforderungen an die Genauigkeit der Frequenzmessung bei der Wartung von Funkgeräten

Bei der Prüfung und Wartung von Sprechfunkeinrichtungen sind die Anforderungen an die Genauigkeit der Frequenzmessung schon seit Jahren so hoch, daß sie nur von Meßgeräten mit hochwertigen und temperaturstabilisierten Steuerquarzen erfüllt werden können. Die Einführung neuer Funkdienste bei höheren Frequenzen und mit engeren Kanalabständen wird diese Anforderungen um fast eine Größenordnung steigern. So z.B. ist zu erwarten, daß bei der Wartung von Geräten mit 20 kHz-Kanalabstand Frequenzmeßgeräte gefordert werden, deren Fehler unter 200 Hz liegt, was im 450 MHz-Band einem relativen Fehler von ca.  $4 \cdot 10^{-7}$  entspricht.

**ROHDE & SCHWARZ · MÜNCHEN** BN B 444823  
BN R 4448231

R 13485

Ein Teil dieses Fehlers wird stets vom eigentlichen Meßvorgang beansprucht, so z.B. bei Überlagerungsfrequenzmessern von der Unschärfe des Schwebungsnulls und den Ablesefehlern der letzten Feinskala, bei Frequenzzählern von den statistischen Schwankungen der Zählzeit. Daraus folgt, daß für den Steuerquarz des Frequenzmeßgerätes ein Fehler von maximal  $2 \dots 3 \cdot 10^{-7}$  anzustreben ist.

Fehler dieser Größenordnung können nach dem derzeitigen Stand der Technik auch bei teuren Quarzgeneratoren nicht für die gesamte Lebenszeit des Gerätes garantiert werden. Es werden allgemein nur Werte der Langzeitkonstanz für 24 Stunden, 1 Monat oder eventuell längerer Zeiträume angegeben. Die Eignung eines bestimmten Quarzgenerators für die oben erwähnten Meßaufgaben hängt daher weitgehend davon ab, in welchen Zeitabständen eine Nacheichung nach einem genaueren Normal möglich ist: besteht diese Möglichkeit z.B. nur alle 6 Monate, so muß zur Erreichung eines Fehlers von  $2 \cdot 10^{-7}$  eine mittlere Alterung von  $10 \cdot 10^{-10}/24$  bzw.  $3 \cdot 10^{-8}/\text{Monat}$  gefordert werden.

Diese Werte werden von den in transportablen Frequenzmessern eingebauten Quarzgeneratoren meist nicht erreicht. Die zukünftigen höheren Anforderungen werden daher Nacheichungen in kürzeren Zeitabständen erforderlich machen, so z.B. bei unserem Service-Frequenzmesser FD 1 in Abständen von 1 bis 2 Wochen.

Mit dem preiswerten Frequenzvergleichsempfänger EF 151 K wird diese Möglichkeit auch kleineren Labors und Service-Werkstätten geboten.

#### Kontrolle einer 100 kHz-Steuerfrequenz durch eine drahtlos empfangene Trägerfrequenz höherer Genauigkeit

Mit dem Frequenzvergleichsempfänger EF 151 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 100 kHz-Spannung, deren Frequenz kontrolliert bzw. nachjustiert werden soll; die andere Wechselspannung ist phasenstarr abgeleitet von einer 151 kHz-Bezugsfrequenzspannung, die dem Empfänger von einer Antenne geliefert werden muß.

Die 151 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 nachregelt. 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 empfiehlt sich die Verwendung der Ferritantenne AF 151 K, die bei ungünstigen Empfangsverhältnissen aus dem Störfeld von Starkstromleitungen entfernt werden kann.

Die sehr schmale Bandbreite ( $\pm 4$  Hz) des EF 151 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 EF 151 K

Entsprechend der vorgesehenen Verwendung in Verbindung mit transportablen oder kurzzeitig benützten Meßgeräten wird beim Empfänger EF 151 K auf die Erreichung extrem hoher Vergleichsgenauigkeit verzichtet zugunsten einer sehr schnell und irrtumsfrei auswertbaren Anzeige von Frequenzabweichungen der Größenordnung  $\pm 1000 \dots \pm 0,5 \cdot 10^{-7}$ , 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 25fache Spreizung des vom Instrument angezeigten Phasenbereiches, so daß bereits bei einer Phasenänderung von  $14,4^\circ$  der volle Anzeigebereich durchlaufen wird. Nach Erreichung des linken oder rechten Erdausschlages kippt der In-

strumentenzeiger in die entgegengesetzte Endlage und folgt von dort aus der weiteren Phasenänderung. Eine Nachjustierung der dem Empfänger zugeführten 100 kHz-Frequenz erfolgt in der Weise, daß die Zeigerwanderung fast zum Stillstand gebracht wird.

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 151 kHz-Spannung und der örtlich erzeugten Vergleichsfrequenz-Spannung der Zeiger des Anzeigeinstruments insgesamt 25 mal den gesamten Bereich durchläuft, ist die Anzahl der Zeigerrückläufe  $n$  pro Sekunde:

$$n/\text{sec} = 25 \cdot f = 25 \cdot 151 \text{ kHz} \cdot \text{relativer Fehler } K$$

Dadurch ergibt sich der relative Fehler  $K$  der örtlich erzeugten Frequenz

$$K = n \cdot \frac{2,645 \text{ sec}}{\text{Meßdauer (sec)}} \cdot 10^{-7}$$

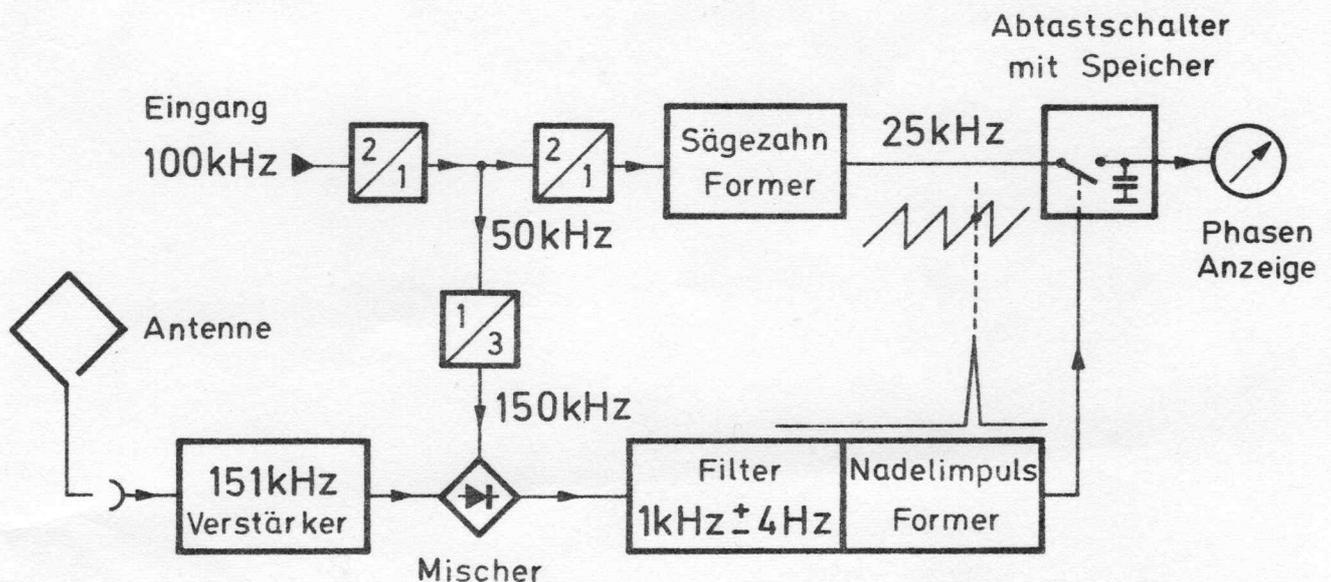
Man kann also entweder die Dauer von 1 oder 10 Zeigerdurchgängen mit der Stoppuhr ausmessen, oder die Meßdauer auf ca. 26,5 Sekunden festlegen und die in dieser Zeitspanne erfolgenden Zeigerrückläufe zählen.

Der relative Fehler der eingespeisten Vergleichsfrequenz ist dann

$$K = n(26,5 \text{ sec}) \cdot 10^{-8}$$

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 des EF 151 K erfolgt aus 4 Monozellen  $34 \text{ } \varnothing \times 61,5 \text{ mm}$ . Bei Kurzzeitbetrieb ist die Lebensdauer des Batteriesatzes mehr als 80 Stunden, die in einen Zeitraum von einem Jahr für einen täglichen Betrieb von 10 Minuten ausreichen. Ein in den Batterieraum einschiebbares Netzgerät ist in Vorbereitung.



### Daten des Frequenzvergleichsempfängers EF 151 K

|  |   |
|--|---|
| Empfangsfrequenz .....                                   | 151 kHz   |
| Benötigte Antennenspannung .....                         | min. 1 $\mu$ V (an ca. 50 $\Omega$ )  |
| Benötigte Vergleichsfrequenz .....                       | 100 kHz $\pm$ 3 Hz  |
| Benötigte Spannung am<br>Vergleichsfrequenzeingang ..... | 0,5 ... 4 V (an ca. 1 k $\Omega$ )  |
| Anzeige .....  | Änderung des Phasenwinkels  |
| Bandbreite des Empfängers .....                          | $\pm$ 4 Hz  |
| Stromversorgung .....                                    | + 5,6 ... 7 V/30 mA<br>aus 4 eingebauten Monozellen<br>(siehe Zubehör)  |
| Buchsen .....  | BNC   |
| Abmessungen .....  | 185 (B) x 148 (H) x 117 (T) mm  |
| Gewicht mit Batterien .....                              | 2,8 kg  |
| Kostenloses Zubehör .....                                | 1 Verbindungskabel mit Koaxialstecker<br>BNC-4/13 (Büschel), 1,20 m lang,<br>SKG-BN. 373.11/12<br>Zum Anschluß an 100 kHz-Ausgang<br>des Service-Frequenzmessers FD 1 |
| Empfohlenes Zubehör .....                                | 4 Monozellen IEC R20<br>(34 $\phi$ x 61,5 mm). Möglichst die<br>säuredichte Ausführung verwenden!   |

### Daten der Ferritantenne AF 151 K

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Empfangsfrequenz .....    | 151 kHz  |
| Innenwiderstand .....     | ca. 50 $\Omega$  |
| Buchse .....              | BNC  |
| Abmessungen .....         | 183 (B) x 95 (H) x 85 (T) mm   |
| Gewicht .....             | ca. 0,4 kg   |
| Kostenloses Zubehör ..... | 1 Verbindungskabel mit Koaxialstecker<br>BNC-BNC, ca. 8 cm lang<br>SKG-BN. 371.05/01<br>Zum Anschluß an Empfänger.                   |
| Empfohlenes Zubehör ..... | 1 Verbindungskabel mit Koaxialstecker<br>BNC-BNC, 4 m lang<br>SKG-BN. 371.05/40<br>Zum Anschluß an räumlich<br>entfernten Empfänger. |