

BESCHREIBUNG
FREQUENZMESSER
 Type WIP BN 440

INHALTSVERZEICHNIS

1	Eigenschaften	7
2	Aufgaben und Anwendung	9
3	Arbeitsweise und Aufbau	10
3.1	Übersicht	
3.2	Wirkungsweise bei den verschiedenen Betriebsarten	
3.21	Betriebsart I (Einkopplung + Grobmesser)	
3.22	Betriebsart II (Einkopplung + Grobmesser + Feinmesser)	
3.23	Betriebsart III (Feinmesser + Quarzstufe)	
3.24	Betriebsart IV (Grobmesser + Quarzstufe)	
3.25	Betriebsart V (Quarzspektrum)	
3.3	Aufbau des Frequenzmessers WIP	
3.301	Eingangsverstärker mit Eingangsregler und Eingangsspannungskontrolle	
3.302	Grobmesser und seine Skala	
3.303	Auskoppelstufe	
3.304	Grobmesserverzerrer mit Mischstufe	
3.305	Feinmesser	
3.306	Feinmessertrennstufe	
3.307	Feinmesserverzerrer	
3.308	Quarzstufe	
3.309	Niederfrequenzverstärker	
3.310	Schwebungsanzeige	
4	Bedienungsanleitung	23
4.01	Inbetriebnahme des Frequenzmessers WIP	
4.02	Frontplatte des Frequenzmessers WIP mit Bedienungsknöpfen, Skalen, Anzeigeelementen, Schaltern und Ein- und Ausgangsbuchsen	
4.03	Rückseite des Frequenzmessers WIP mit offenem Rückblech, Nachstelltrimmern, Netzsicherung und Röhren	
4.04	Stellungen des Betriebsartenschalters	
4.05	Skalen und Feineinstellung für Grobmesser und Feinmesser	
4.06	Frequenzmessung mit dem Grobmesser im Nennfrequenzbereich	
4.07	Frequenzmessung mit dem Grobmesser außerhalb des Nennfrequenzbereiches	
4.08	Feinmessungen	
4.09	Fernmessung von Sendern	
4.10	Messung kleiner Frequenzdifferenzen mit dem Feinmesser	
4.11	Kontrolle und Nacheichung des Feinmessers durch Frequenzvergleich mit den Harmonischen der eingebauten Normalfrequenzstufe	
4.12	Benützung des Frequenzmessers WIP als Meßgenerator durch Auskoppeln der Grobmesserrfrequenz	
4.121	Auskoppeln der Grobmesserrfrequenz mit Feinmessergenauigkeit	
4.122	Auskoppeln der Grobmesserrfrequenz auf 100 kHz-Vielfachen mit Quarzgenauigkeit	
4.13	Auskoppeln von 100 kHz-Vielfachen als Spektrum aus der Quarzstufe	
5	Kontrollen und Nachstellungen am Frequenzmesser WIP	47
5.1	Kontrolle der Grobmessereichung	
5.2	Kontrolle und Nachstellung des Feinmesserskalenverlaufes	
5.3	Kontrolle und Nachstellung der Quarzstufe mit Normalfrequenz	
6	Röhrenwechsel	53
7	Schaltteilliste	56
8	Übersichtsschaltpläne und vollständiger Stromlauf	

VORWORT

Zur Erklärung der Wirkungsweise des Frequenzmessers WIP in allen eventuell interessierenden Einzelheiten und, um seine wertvollen Eigenschaften in allen Meßfällen voll ausnützen zu können, wird eine ausführliche Beschreibung mitgegeben.

Für die Durchführung der am meisten vorkommenden Messungen ist es jedoch keineswegs erforderlich die ganze Beschreibung durchzulesen, vielmehr genügt es, sich die wichtigsten Abschnitte anzusehen. Diese sind im Inhaltsverzeichnis durch Fettdruck der Ordnungsnummer kenntlich gemacht.

Die Wirkungsweise des Frequenzmessers ist schon durch Lesen des Abschnittes 3.1 in groben Zügen ersichtlich. In den Bildbeschriftungen zur Frontplatte und ihren Teilen ist in den Abschnitten 4.02, 4.04, 4.05 und 4.06 zugleich eine Kurzbedienungsanleitung enthalten. Je nach dem betreffenden Meßfall empfiehlt es sich ferner, den entsprechenden Einzelpunkt der Bedienungsanleitung durchzulesen.

1 Eigenschaften

Meßbereich	50 kHz ... 30 MHz		
Drei eingebaute HF-Generatoren	Grobmesser	Feinmesser	Quarzstufe
Frequenzbereich	50 kHz ... 30 MHz (6fach unterteilt)	2,5 ... 3,75 MHz (8fach unterteilt)	100 kHz
Genauigkeit	$\pm 8 \cdot 10^{-3}$	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$ (nach Nacheichung)	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$ (bei 20°C)
Temperaturabhängigkeit	—	$< 5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (durch Nachstellung gegen Quarz ausgleichbar)	$< 1,5 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Netzspannungseinfluß für 10% Netzspannungsschwankung	$< 1 \cdot 10^{-4}$	$< 1 \cdot 10^{-5}$	rd. $1 \cdot 10^{-6}$
Kleinste gut meßbare Verstimmung	—	$1 \cdot 10^{-5}$	—
Eingang	unsymmetrisch; 22er-Buchse (konzentrisch, 22 mm Ø)		
Eingangskapazität	rd. 20 pF		
Eingangsspannungsbedarf	10 mV ... 50 V regelbar		
Kontrolle der Eingangsspannung	durch Instrument		
Ausgänge	zwei, unsymmetrisch; 22er-Buchsen		
Ausgangsfrequenzen am Ausgang I	50 kHz ... 30 MHz von dem Grobmesser (etwa 1 Volt an 1 kΩ)		
am Ausgang II	100 kHz mit Vielfachen bis 15 MHz von der Quarzstufe (etwa 10 mV ... 0,1 mV an 300 Ω)		
Modulation	eigen (1000 Hz, m ca. 30%) und fremd		
Modulationsspannungsbedarf für Ausgang I (Grobmesserrfrequenz)	ca. 30 V für m = 30%		
für Ausgang II (Quarzspektrum)	ca. 4 V für m = 30%		
Schwebungsanzeige	durch Instrument; außerdem Höreranschluß		
Netzanschluß	110/125/150/220 V, 40 ... 60 Hz (40 VA)		
Röhrenbestückung	10 x EF 12, EBF 11, AZ 11, SiV 150/20		
Signalglühlampe	RL 210		
Schmelzeinsatz	0,6 DIN 41571		
Abmessungen	600 x 300 x 300 mm		
Gewicht	rd. 35 kg		

2 Aufgaben und Anwendung

Im Betriebsdienst, bei Forschungs- und Entwicklungsaufgaben wie auch bei Prüffeldarbeiten besteht häufig das Bedürfnis, Frequenzmessungen in dem Bereich von 50 kHz bis 30 MHz mit einer höheren Genauigkeit durchzuführen als sie mit einfachen Geräten wie Absorptionswellenmessern, Frequenzbrücken und einfachen Interferenzfrequenzmessern durchführbar sind. Es wäre hierfür recht umständlich und teuer, die genauesten Normalfrequenz-Meßmethoden heranzuziehen. Andererseits ist es auch unrationell, sich hier mit provisorischen Meßaufbauten zu behelfen, mit denen sich für die gerade vorliegende Einzelaufgabe eine Genauigkeitssteigerung erzielen läßt. Diesen Bedürfnissen der Praxis Rechnung tragend fertigt die Fa. ROHDE & SCHWARZ nun schon seit Jahren einen Frequenzmesser WIP mit der hohen Genauigkeit von $5 \cdot 10^{-5}$. Dieser Frequenzmesser wurde, den Fortschritten der Hochfrequenztechnik entsprechend, laufend verbessert. Damit steht für diese Frequenzmeßaufgaben heute ein erstklassiges, leicht transportables, robustes Betriebsgerät zur Verfügung, das schnelle und zuverlässige Messungen ermöglicht. Das Gerät stellt keine Sonderansprüche an seine Bedienung und Behandlung. Es birgt wohlgeschützt in seinem Aluminium-Gußgehäuse mehrere harmonisch zusammenarbeitende Einzelgeräte, die mit einem einzigen Betriebsartenschalter vom Messenden für die jeweilige Aufgabe eingesetzt werden. Eine verblüffend einfache Bedienung und eine große Sicherheit gegen Fehlmessungen wurde durch eine Reihe technischer Maßnahmen erzielt. Somit ist trotz eines im Prinzip nicht ganz einfachen Meßverfahrens erreicht worden, daß auch, mit der Durchführung genauester Messungen wenig geschultes Personal betraut werden kann.

Der Frequenzmesser WIP dient sowohl als Frequenzmesser wie auch als Normalfrequenzsender. Er wird durch einen eingebauten Normalquarz in sich kontrolliert. Außer dem kontinuierlichen Frequenzbereich von 50 kHz bis 30 MHz kann dem Gerät das Oberwellenspektrum der 100 kHz-Quarzstufe unmittelbar entnommen werden. Dies ist zum Beispiel bei der Eichung und Eichkontrolle von Empfängern besonders vorteilhaft, da dabei während des Meßvorganges keine Umschaltungen am Frequenzmesser WIP vorgenommen zu werden brauchen. Auch für die Messungen kleiner Frequenzdifferenzen, wie sie bei Forschungs- und Entwicklungsarbeiten häufig vorkommen oder zur Fernmessung von Sendern mit Hilfe eines geeigneten Empfängers, eignet

9

dem Grobmesserbereichschalter gekuppelter Schalter für die Einhaltung optimaler Arbeitsbedingungen in jedem Frequenzbereich. Im Absatz 3.2 wird dies im einzelnen näher erläutert.

3.2 Wirkungsweise bei den verschiedenen Betriebsarten

In den Übersichtsschaltplänen wird durch Fettdruck der jeweils eingeschalteten Stufen und wesentlichen Stromwege die Wirkungsweise bei den einzelnen Betriebsarten näher erläutert. Der Übersichtsschaltplan 1 zeigt denselben Stromlauf, jedoch ohne besondere Hervorhebungen.

3.2.1 Betriebsart I (Einkopplung + Grobmesser) (Übersichtsschaltplan 2)

Diese Betriebsart dient zur Grobmessung einer unbekanntenen Frequenz f_x nach dem Überlagerungsverfahren durch Aufsuchen der Schwebungslücke mit dem Grobmesser. Ist dann die Grobmesserfrequenz f_G auf f_x gestellt worden, so kann am Grobmesser die f_x -Frequenz abgelesen werden.

Über C_1 , Eingangsverstärker (Rö 1), dessen gemeinsamen Anodenkreis mit dem Grobmesser (Rö 2), Abstimmkreis mit C_3 und C_7 gelangt f_x zusammen mit der Grobmesserfrequenz f_G an das Gitter der Röhre 2, an der durch Gittergleichrichtung die Interferenzfrequenz $f_i = f_x - f_G$ erzeugt wird. Diese Interferenzfrequenz gelangt in den unteren 3 Grobmesserbereichen (50 kHz ... 1,6 MHz) über R_{10} , C_{72} und den Tiefpaß mit L_{11} , L_{12} an den Eingang des Niederfrequenzverstärkers (Rö 10, Rö 11). Der Tiefpaß mit rund 12 kHz Grenzfrequenz sorgt hier dafür, daß nur die Interferenzfrequenz und nicht f_x oder f_G direkt an den Niederfrequenzverstärker gelangen. Da jedoch nach höheren Grobmessfrequenzen die Schwebungslücke (infolge der in allen Bereichen prozentual etwa gleich großen Mitnahme der Grobmesserfrequenz durch die f_x -Frequenz) immer breiter wird, würde hier ein auf 12 kHz scharf beschnittener Durchlaßbereich der Schwebungsfrequenz hiergegen zu schmal werden. Aus diesem Grunde wird der Tiefpaß in den oberen 3 Grobmesserbereichen (1,6 ... 30 MHz) über die Schalter S_2^{IV} und S_3^{VII} umgangen; die Interferenzfrequenz wird dann nach oben nur noch durch den Niederfrequenzverstärker begrenzt, dessen übertragenes Frequenzband wesentlich breiter und auch nicht so scharf beschnitten ist wie das des Tiefpasses. Damit ergeben sich in allen Grobmesserbereichen optimale Bedingungen für ein schnelles und bequemes Einstellen der Schwebungslücke. Am Ausgang des Niederfrequenzverstärkers

11

sich der Frequenzmesser WIP ausgezeichnet. Seine hohe Konstanz, sowie die hohe Ablesegenauigkeit kommen hierbei voll zur Geltung. Bei Übersteuerung der Eingangsstufe lassen sich unter Verzicht auf die im Nennbereich völlig gewährleisteteste Eindeutigkeit auch Messungen außerhalb des Nennfrequenzbereiches etwa ab 10 kHz und bis etwa 100 MHz durchführen, wie man das bei bisher bekannten Interferenzfrequenzmessern gewohnt ist.

3 Arbeitsweise und Aufbau

3.1 Übersicht

Bei dem Frequenzmesser WIP kann jede Frequenz zwischen 50 kHz und 30 MHz direkt ablesbar durch eine Grobmessung bestimmt werden. Dies erfolgt durch Einstellen eines eingebauten Generators (Grobmesser) auf die zu messende Frequenz f_x durch Aufsuchen der Schwebungslücke. Bei genaueren Messungen erfolgt dann eine zusätzliche Feinmessung durch Oberwellenvergleich mit einem von 2,5 ... 3,75 MHz einstellbaren Generator (Feinmesser) nach dem Überlagerungsverfahren. Die Eichung des Feinmessers kann durch Vergleich mit einem eingebauten Normalquarzgenerator kontrolliert und korrigiert werden.

Damit enthält der WIP als wesentlichste Bestandteile einen Grobmesser mit 0,8 % Frequenzgenauigkeit, einen Feinmesser mit 0,005 % sowie eine Quarzstufe mit 0,002 %. Mit Hilfe einer Eingangsstufe, zweier Verzererer, eines NF-Verstärkers und eines Anzeigeinstrumentes können die Frequenzen der Generatoren untereinander sowie mit der zu messenden Frequenz verglichen werden. Zur Einkopplung der f_x -Frequenz dient eine eigene Verstärkerstufe mit einem Eingangsspannungsregler und einem Instrument zur Einstellung einer günstigen Eingangsspannung. Durch diesen Eingangsverstärker wird die Grobmesserfrequenz zur Meßerleichterung um einen kleinen Betrag von der f_x -Frequenz mitgenommen. Zur Auskopplung der Grobmesserfrequenz, die durch Feinmesservergleich jederzeit mit Feinmessergenauigkeit einstellbar ist, dient eine eigene Auskoppelstufe, die fremd- und eigenmodulierbar ist. Die Modulationsstufe gestattet ferner, die Quarzfrequenz und deren Harmonische, die einer Buchse entnommen werden können, zu modulieren.

Mit einem Betriebsartenschalter werden die für die einzelnen Betriebsarten erforderlichen bzw. zweckmäßigen Umschaltungen an den einzelnen Stufen, die unter Punkt 3.3 näher beschrieben sind, vorgenommen. Dabei sorgt ein mit

10

kann die Interferenzfrequenz den Ausgangsbuchsen entnommen werden. Es kann hier zum Beispiel ein Kopfhörer zum akustischen Aufsuchen der Schwebungslücke angeschlossen werden. Außerdem speist der Niederfrequenzverstärker nach Gleichrichtung mit G_{12} das Instrument I_3 für Schwebungsanzeige. Bei dieser sowie den Betriebsarten II und IV kann die Grobmesserfrequenz f_G aus der Buchse „Auskopplung“ entnommen werden. Hierzu gelangt f_G vom Gitter der Röhre 2 über C_3 an das Gitter der Auskoppelstufe (Rö 3), an der sie verstärkt wird. Beim Schließen des Schalters S_4 wird f_G eigenmoduliert. Bei Fremdmodulation wird die Modulationsspannung über C_{27} an das Schirmgitter der Röhre 3 angelegt.

3.2.2 Betriebsart II (Einkopplung + Grobmesser + Feinmesser) (Übersichtsschaltplan 3 ... 5)

Diese Betriebsart dient zur Feinmessung einer in Betriebsart I grob gemessenen Frequenz sowie zum Auskoppeln einer Grobmesserfrequenz mit Feinmessergenauigkeit. Die genaue Bestimmung der Grobmesserfrequenz erfolgt hier wieder nach dem Überlagerungsverfahren, wobei (im Gegensatz zu Betriebsart I, bei der die f_x -Frequenz immer mit der Grundwelle des Grobmessers verglichen wurde) hier wegen des begrenzten Feinmesserbereiches ($f_F = 2,5 \dots 3,75$ MHz) auch Oberwellen vom Grobmesser oder Feinmesser herangezogen werden. Im einzelnen werden zur Messung folgende Kombinationen von Grund- und Oberwellen benutzt (hier, wie auch in allem folgenden, ist mit der n-ten Harmonischen immer das n-te Vielfache der zugehörigen Grundwelle gemeint):

Grob-mess-er-bereich	f_G	Frequenz-vergleich auf Frequenz f_V	benutzte Grobmesser-harmonische h_G	benutzte Feinmesser-harmonische h_F	siehe auch:
1 ... 3	50 kHz ... 1,66 MHz	$f_F = (50 \dots 2) f_G$	50 ... 2	Grundwelle	3.221
4	1,66 ... 2,5 MHz	$2 f_F = 3 f_G$	3	Grundwelle	
4	2,5 ... 3,75 MHz	$f_F = f_G$	Grundwelle	Grundwelle	
4	3,75 ... 5,0 MHz	$3 f_F = 2 f_G$	2	3	3.222
5 ... 6	5,0 ... 30 MHz	$(2 \dots 10) f_F = f_G$	Grundwelle	2 ... 10	

Wie aus vorstehender Tabelle ersichtlich, werden zum Frequenzvergleich teils Grobmesser- teils Feinmesserharmonische benötigt. Aus diesem Grund werden im Frequenzmesser WIP zwangsläufig mit den Grobmesserbereichen die

12

jeweils benötigten Verzerrer eingeschaltet, wie im einzelnen aus 3.221 ... 3.223 hervorgeht.

Für den Grobmesser-Feinmesservergleich ergeben sich im allgemeinen für jede Frequenz mehrere mögliche Oberwellenkombinationen. Es wäre deshalb recht umständlich, sich für jede Messung zu überlegen, welche davon benützt werden soll. Außerdem müßte man dazu die ungefähre Feinmesserfrequenz ausrechnen, um das Meßergebnis nicht durch Verwechslung von Oberwellen falsch auszuwerten. Um diesen Nachteil der Oberwelleninterferenzmeßmethode zu beseitigen, ist auf der Grobmesserskala neben der jeweiligen Frequenz direkt die für die Messung und Auswertung zweckmäßigste Oberwellenkombination als Harmonischenfaktor angegeben; außerdem ist dort unmittelbar zu ersehen, in welchem Feinmesserbereich und bei welcher Feinmesserabstimmung die entsprechende Feinmessung erfolgen soll. (Siehe auch 3.302, 4.05 und 4.086.)

Der Harmonischenfaktor $H = \frac{hf}{hg}$ gibt mit hf die benützte Feinmesser-, mit hg die Grobmesser-Harmonische an.

Da die Vergleichsfrequenz $fy = hf \cdot f_f = hg \cdot f_G$ ist, wird

$$f_G = f_f \cdot \frac{hf}{hg} = f_f \cdot H.$$

Damit braucht man bei der Feinmessung zur Ermittlung der genauen Grobmesserfrequenz nur die Feinmesserfrequenz mit dem Harmonischenfaktor zu multiplizieren, der sich wieder ohne Rechnung direkt aus der Grobmessung ergibt, aus der auch gleich die ungefähre Feinmesserabstimmung hervorgeht. Infolge der speziellen Grobmesserskala ist es deshalb möglich, den ziemlich verwickelten Oberwellenvergleich ohne jede Zwischenrechnung eindeutig und schnell durchzuführen.

In dieser Betriebsart erfolgt die Auskopplung der Grobmesserfrequenz wie unter 3.21 beschrieben.

3.221 $f_G = 50 \text{ kHz} \dots 1,66 \text{ MHz}$ (Übersichtsschaltplan 3)

Die hierbei benötigten Grobmesser-Harmonischen (siehe 3.22) werden in dem zweistufigen Grobmesserverzerrer (Rö 6 und Rö 7) erzeugt. Von diesem gelangen sie an das Bandfilter mit L 13 und L 12, welches das vom Feinmesser bestrichene Frequenzband (2,5 ... 3,75 MHz) durchläßt. Hierdurch werden auch die

13

darüber liegenden Grobmesser-Harmonischen unterdrückt. Diese könnten sonst mit Feinmesseroberwellen interferieren und störende Interferenzpfeife verursachen. Außerdem gelangt die Feinmesserfrequenz (Feinmesser Rö 5) über die Trennstufe (Rö 8), den stark bedämpften Schwingkreis (L_{15f}, C₇₉), C₈₀, C₈₃ und R₅₅ auch an den Eingang des Bandpasses. Über S₂^{III} und C₈₁ kommen die Frequenzen $hg \cdot f_G$ und f_f dann an die Mischdiode, die den Interferenzton $f_i = hg \cdot f_G - f_f$ erzeugt. Die Schwebungsfrequenz wird dann über C₇₂ und den Tiefpaß dem Niederfrequenzverstärker und dann der Schwebungsanzeige zugeführt.

3.222 $f_G = 1,66 \dots 5 \text{ MHz}$; 3. Grobmesserbereich (Übersichtsschaltplan 4)

Im 3. Grobmesserbereich werden zum Harmonischenvergleich teils die Grundwellen, teils die 2. und 3. Harmonischen des Feinmessers und des Grobmessers benutzt. Die höheren Grobmesserharmonischen sind hier unerwünscht, da sie mit den Feinmesserharmonischen zu nahe benachbarten Störpfeifen zwischen den erwünschten Pfeifstellen führen würden. Es ist deshalb dafür gesorgt worden, daß vom Grobmesser im wesentlichen nur die 2. und 3. Harmonische erzeugt wird, indem zur Verzerrung der Grobmesserfrequenz nur die erste mächtig übersteuerte Widerstandsverstärkerstufe des Grobmesserverzerrers benutzt wird. Über C_{65f}, R₅₃ und S₂^{III} gelangen die Grobmessergrundwelle und die niederen Harmonischen zusammen mit der im Feinmesserverzerrer verzerrten Feinmesserfrequenz an den Ausgang des Bandfilters (L₁₃). Hier werden nochmals die höheren Harmonischen geschwächt. An der Diode entsteht durch die Mischung dieser Frequenzen eine Differenzfrequenz, die wieder über den Tiefpaß (L_{15f}, L₁₆) dem Niederfrequenzverstärker zugeführt wird.

3.223 $f_G = 5 \dots 30 \text{ MHz}$ (Übersichtsschaltplan 5)

In diesem Frequenzbereich wird zur Feinmessung von f_G die Grobmesserfrequenz mit Harmonischen des Feinmessers interferiert. Die Grobmesserfrequenz wird hierbei über das CR-Glied C₅₉ R₅₃ auf die Kathode der Diode der Röhre 6 eingekoppelt. Die Feinmesserfrequenz gelangt hingegen über die Trennstufe (Rö 8) zum Feinmesserverzerrer (Rö 9), von dem die Frequenz $hf \cdot f_f$ über C₈₂ und C₆₁ an die Diode der Rö 6 gelangt. Durch Diodengleichrichtung entsteht dann die Interferenzfrequenz $f_i = f_G - hf \cdot f_f$.

14

Da hier der Überlagerungston auf der hohen Grobmesserfrequenz entsteht, die z. B. bei $f_G = 30 \text{ MHz}$ 10mal höher als f_f ist, wäre die Einstellsicherheit des Feinmessers beim Aufsuchen der Schwebungslücke unnötig hoch, was die Messung nur erschweren würde. Aus diesem Grunde wird in den beiden obersten Grobmesserbereichen durch Beschneidung der tiefen Interferenztöne die Schwebungslücke wieder verbreitert; damit wird die Einstellsicherheit etwa so groß wie in den unteren Grobmesserbereichen, in denen sie konstant ist, da der Grobmesser-Feinmesservergleich ja dort immer auf der Feinmesserfrequenz stattfindet. Die Unterdrückung der tiefen Interferenztöne in den Grobmesserbereichen 4 und 5 erfolgt durch Ankopplung des Niederfrequenzteiles über die verhältnismäßig kleinen Koppelkondensatoren C_{86f}/87.

3.23 Betriebsart III (Feinmesser + Quarzstufe) (Übersichtsschaltplan 6)

Diese Betriebsart dient zur Feinmessernacheichung nach dem eingebauten Normalquarzgenerator auf 100 kHz- und 50 kHz-Vielfachen. Hierzu wird an den Eingang des Feinmesserverzerrers (Rö 9) neben der Feinmesserfrequenz auch die Quarzfrequenz über C₃₉ und R₃₉ gelegt. Von der Anode der Röhre 9 gelangt das so entstandene verzerrte Frequenzgemisch über C₈₂ und C₆₁ wieder an die Diodenanode der Röhre 6, von der die Differenzfrequenz dem Niederfrequenzverstärker zugeführt wird. Das dem Tiefpaß (L_{15f}, L₁₆) nachgeschaltete RC-Glied, bestehend aus R₇₀ und C₈₃, begrenzt dann nochmals die Breite des Interferenzbandes, in dem sich dann die Schwebungslücke sehr schnell finden läßt. Da zudem bei dieser Betriebsart Eingangsverstärker und Grobmesser zwangsläufig abgeschaltet sind, bedarf es während der Messung nur eines Handgriffes, um die Betriebsart Feinmesserkontrolle einzuschalten. Diese Maßnahme ermöglicht es ohne Umstände – zwischen anderweitigen Messungen mit dem WIP – den Feinmesser bei dem nächstliegenden 100 kHz- oder 50 kHz-Vielfachen zu kontrollieren und gegebenenfalls nachzueichen.

3.24 Betriebsart IV (Grobmesser = Quarz) (Übersichtsschaltplan 7)

Diese Betriebsart erlaubt einen Frequenzvergleich des Grobmessers mit 100 kHz-Vielfachen der Quarzstufe in den Grobmesserbereichen 1 ... 4 (50 kHz ... 5 MHz). Hierzu wird die Quarzfrequenz nach Verzerrung im Feinmesserverzerrer (Rö 9) in der Mischdiode (Rö 6) mit der Grobmesserfrequenz interferiert; die Differenzfrequenz wird über R_{45f}, C₇₂ dem Nieder-

15

frequenzteil zugeführt. In dieser Betriebsart gelangt die Grobmesserfrequenz über den Grobmesserverzerrer an die Mischdiode. Es treten deshalb auch Interferenzpfeife bei gebrochenen 100 kHz-Vielfachen auf, so z. B. bei $5/4 \cdot 100 \text{ kHz}$ (5. Quarzharmonische interferiert mit 4. Grobmesserharmonischen). Hierdurch ergeben sich auch in dem untersten Grobmesserbereich von 50 ... 160 kHz eine Reihe von Kontrollpunkten, auf die der Grobmesser genau mit Quarzgenauigkeit eingestellt werden kann. Wegen der deshalb zum Teil sehr eng benachbart auftretenden Interferenzpfeife beim Durchdrehen der Grobmesserabstimmung ist hier eine zusätzliche Beschneidung des Interferenzbandes nach hohen Frequenzen durch das RC-Glied R₇₀ C₈₃ hinter dem Tiefpaß wie in Betriebsart III vorgesehen.

Da die Quarzfrequenz und die in der Quarzstufe erzeugten Harmonischen auch über C₈₈ und C₈ an den Schwingkreis des Grobmessers geführt sind, gelingt es, den Grobmesser auf den niederen 100 kHz-Vielfachen bis zu etwa 1,6 MHz mit der Quarzstufe zu synchronisieren.

Auch in dieser Betriebsart liefert die Auskoppelstufe die Grobmesserfrequenz an die Buchse „Auskopplung“, wie unter 3.21 schon näher beschrieben.

3.25 Betriebsart V (Quarzspektrum) (Übersichtsschaltplan 8)

Dem Kathodenkreis der Quarzstufe (Rö 4) kann, wie aus Punkt 3.308 näher hervorgeht, ein 100 kHz-Vielfache-Spektrum mit verhältnismäßig großer Amplitude entnommen werden. In dieser Betriebsart sind sowohl Feinmesser wie auch Grobmesser abgeschaltet, damit keine anderen Frequenzen auf die Ausgangsbuchse gelangen können. Das Quarzspektrum kann fremd- sowie durch die Röhre 3 über C₂₈ und R₃₁ auch eigenmoduliert werden. Die Modulationsspannungserzeugung erfolgt in dem stark ausgezogenen Teilstromlauf der Auskoppelstufe (Rö 3).

3.3 Aufbau des Frequenzmessers WIP

Die einzelnen Stufen haben folgende Aufgaben und Eigenschaften:

3.301 Eingangsverstärker mit Eingangsregler und Eingangsspannungskontrolle (Rö 1)

Die zu messende Eingangsfrequenz f_x wird von der Eingangsbuchse über den mittels S8 umschaltbaren C-Spannungsteiler (in den Prinzipschaltbildern als

16

Teiler C1 dargestellt), der die Eingangsspannung bis 1:1000 herabzusetzen gestattet, dem Gitter der Eingangsrohre zugeführt. Diese verhindert durch ihre Schaltung als Trennrohre jede Rückwirkung der im WIP enthaltenen Generatoren auf das Meßobjekt.

Im Schirmgitterkreis dieser Röhre befindet sich ein Anzeigeelement, das durch die Schaltung des Schirmgitter-Gitter-Systems als Audiogleichrichter eine Kontrolle der ans Gitter gelangten Eingangsspannung erlaubt, die durch den Regler „Empfindlichkeit“ auf einen für die Messung günstigen Wert geregelt werden kann.

Die Anode der Eingangsstufe ist mit der Grobmesserröhre parallel geschaltet und liegt damit über der Anodenwicklung am Grobmesserschwingkreis. Dies bewirkt eine selektive Verstärkung der Eingangsfrequenz f_x . Dadurch interferieren nur Eingangsspannungen, deren Frequenz mit der des Grobmessers übereinstimmt, wodurch immer der eindeutige Grundwellenvergleich gewährleistet ist. Außerdem begrenzt die Abstimmung der f_x -Frequenz die Bandbreite der beim Frequenzvergleich entstehenden Interferenzfrequenzen. Dies ergibt in allen Grobmesserbereichen zusammen mit der Durchlaufbreite des Niederfrequenzteiles optimale Verhältnisse beim Aufsuchen der Schwebungslücke. Durch die Parallelschaltung der Anoden von Röhre 1 und Röhre 2 wird außerdem erreicht, daß die zu messende Frequenz f_x bei einer günstigen Eingangsspannung von einigen 10 mV den Grobmesser um einige Zehntel Promille mitnimmt. Erst diese Maßnahme erlaubt ein leichtes Auffinden und Einstellen der Schwebungslücke besonders an den Grenzen des Frequenzbereiches. Hierdurch braucht der Grobmesser nur so weit genau abgestimmt zu werden, wie es dem Mitnahmebereich durch die f_x -Verstärkerstufe entspricht. Ohne Mitnahme müßte der Grobmesser bei genauen Messungen statt auf einige 10^{-4} auf einige 10^{-5} genau abgestimmt werden. Dies würde für tiefe Meßfrequenzen besonders schwierig sein, da z. B. bei $f_x = 50$ kHz und einer Meßgenauigkeit von $5 \cdot 10^{-5}$ die Schwebungslücke mindestens auf 2,5 Hz genau eingestellt werden müßte. Mit Hilfe des durch die f_x -Frequenz synchronisierbaren Grobmessers hingegen gelingt die Einstellung der Schwebungslücke ohne besondere Kunstgriffe (wie zum Beispiel Anwendung der doppelten Schwebung). Bei den hohen Frequenzen, zum Beispiel $f_x = 30$ MHz, ist hingegen die Schwebungslücke ohne Benutzung der Mitnahmemethode bei Verwendung eines auch für tiefere Frequenzen brauchbaren Schwebungszeigers

17

faktor $H = \frac{hf}{h_G}$ angegeben. Hierbei bedeutet hf die beim Frequenzvergleich benutzte Feinmesser- und h_G die Grobmesserharmonische. Da der Frequenzvergleich auf der Frequenz $f_G = hf \cdot f_F = h_G \cdot f_G$ stattfindet, berechnet sich die genaue Grobmesserfrequenz eines Grobmesser-Feinmesservergleiches zu

$$f_G = f_F \cdot \frac{hf}{h_G} = f_F \cdot H$$

Von mehreren Möglichkeiten ist immer der Harmonischenfaktor angegeben, mit dem sich die glatteste Rechnung ergibt. Zur Erleichterung einer schnellen Feinmesserabstimmung nach erfolgter Grobmessung und um eine Verwechslung mit einer anderen möglichen Oberwellenkombination zu vermeiden, sind mit dem Harmonischenfaktor zugleich die für die Messung zu benutzenden Feinmesserbereiche angegeben. Diese sind durch Bereichendstriche voneinander abgetrennt, deren Zwischenraum dann jeweils dem sich nicht überlappenden Teil der Feinmesserbereiche entspricht. Dieser „nominelle“ Bereich geht von 0 ... 1000⁰. Hierdurch entsteht auf der Grobmesserskala neben der Frequenzleiter eine zweite Leiter, deren Teilstücklänge immer eine gleich große relative Frequenzveränderung umfaßt, nämlich die der nominellen Feinmesserbereiche. Jeder Punkt dieser Leiter (die gewissermaßen durch Verkleinerung der Feinmesserskala durch Benutzung des Grobmesser-Frequenzmaßstabes entstanden ist) entspricht dann einer Feinmesserfrequenz, auf die der Feinmesser (natürlich nur mit Grobmessergenauigkeit) zum Grobmesser-Feinmesservergleich einzustellen ist. Zur praktischen Einstellung des Feinmessers ist daher der nominelle Feinmesserbereich in 100 Teilstriche oder 1000⁰ unterteilt, da man auch an der Grobmesser-Harmonischenleiter leicht Zwischenwerte einer solchen dekadischen Teilung schätzen kann. Die Bereichendstriche, Harmonischenfaktoren und Feinmesserbereiche auf der Grobmesserskala sind in roter und grüner Farbe aufgetragen, die dann jeweils auf der Skala mit dem Harmonischenfaktor wechselt. An diesen Stellen überlappen sich dann teilweise die zu benutzenden Feinmesserbereiche. An den sich überlappenden Stellen können dann beide dargestellten Feinmesserabstimmungen benutzt werden. Infolge der zweifarbigen Ausführung können auch diese Feinmesserbereiche unverkürzt auf der Grobmesserskala abgebildet werden, wodurch auch in ihnen eine mühelose Schätzung der ungefähren, zur Messung zu benutzenden Feinmessergradzahl möglich ist, indem man an diesen Stellen immer nur auf eine Farbe achtet.

19

relativ so schmal, daß ihr Auffinden die größten Schwierigkeiten machen würde. Die Benutzung der Mitnahme bei Messungen der Eingangsfrequenz f_x gestattet somit eine leichte Bedienung des Grobmessers und stellt bei anschließenden Feinmessungen sicher, daß der Grobmesser auch mit der zu messenden Frequenz in Synchronismus bleibt; das wirkt sich im Effekt so aus, daß bei dieser Messung immer ein direkter Vergleich der zu messenden Frequenz mit der Feinmesserfrequenz erfolgt. Es ist somit auch möglich, kleinen Änderungen der zu messenden Frequenz direkt mit dem Feinmesser zu folgen, ohne den Grobmesser nachstellen zu müssen. Hierbei kann bei Bedarf bei genügender Eingangsspannung durch Aufdrehen des Eingangskopplers „Empfindlichkeit“ ein größerer Mitnahmebereich eingestellt werden.

3.302 Grobmesser (Röhre 2) und seine Skala

Der Grobmesser ist ein Hochfrequenzgenerator, der den Bereich von 50 kHz bis 30 MHz in 6 Bereichen bestreicht. Er dient zur Grobmessung der f_x -Frequenz nach der Interferenzmethode mit einer Genauigkeit von $\pm 0,8$ %. Trotz dieser relativ geringen Genauigkeit ermöglicht seine gute Kurzzeitkonstanz das Auskoppeln seiner Frequenz über eine eigene Auskoppelstufe mit Feinmessergenauigkeit, wenn seine Frequenz durch Feinmesservergleich kontrolliert wird. Ebenso kann er auch bis 5 MHz durch Vergleich mit dem eingebauten Normalquarzgenerator genau auf 100 kHz-Harmonische eingestellt werden. Auf den tieferen 100 kHz-Harmonischen bis etwa 1,6 MHz ist der Grobmesser außerdem durch das Quarzharmonisenspektrum synchronisierbar und erlaubt somit das Auskoppeln dieser Spektrallinien mit Quarzgenauigkeit und mit etwa 1 Volt Ausgangsspannung.

Beim f_x -Grobmesservergleich entsteht die Interferenzfrequenz durch Gittergleichrichtung an der Grobmesserröhre, die dann dem Niederfrequenzverstärker zugeführt wird.

Der Grobmesser zeigt auf seiner direkt geeichten Frequenzskala in einer mit der Bereichumschaltung mitlaufenden Schiebeblende die Frequenz direkt an. Ein verstellbarer Skalenring an der Abstimmkurbel gestattet das Ablesen und Einstellen kleiner Verstimmungen. Da mit der Grobmesserfrequenz auch die zur Feinmessung möglichen Oberwellenkombinationen festliegen (siehe 3.22), ist auf der Grobmesserskala links neben der Frequenzleiter der Harmonischen-

18

3.303 Die Auskoppelstufe (Röhre 3)

Die Auskoppelstufe dient dazu, die Grobmesserfrequenz rückwirkungsfrei entnehmen zu können. Sie liefert die Grobmesserfrequenz mit einer Ausgangsspannung von etwa 1 Volt an 1 k Ω . Die Auskoppelstufe ist fremd- und eigenmodulierbar. Die Fremdmodulation erfolgt durch Schirmgittermodulation. Bei Eigenmodulation schwingt die Auskoppelröhre gleichzeitig niederfrequent mit etwa 1000 Hz und moduliert sich selbst. Diese Modulationsspannung dient gleichzeitig zur Modulation der Quarzstufe. Die Eigenmodulation ist an einem Kippschalter ein- und ausschaltbar. Bei Einschaltung der Eigenmodulation zeigt das Instrument „Kontrolle der Eingangsspannung“ einen Ruheausschlag.

3.304 Grobmesserverzerrer mit Mischstufe (Röhre 6, Röhre 7)

Der Grobmesserverzerrer ist zweistufig. Er dient beim Grobmesser-Feinmesservergleich zur Erzeugung von Grobmesserharmonischen im Feinmesserbereich. Dies ist erforderlich, wenn die Grobmesserfrequenz unter der Feinmesserfrequenz liegt. Dieser Verzerrer muß alle Harmonischen des Grobmessers bis zur 50. lückenlos mit etwa gleichbleibender Amplitude zur Mischung mit der Feinmesserfrequenz liefern, da zur Bedienungsvereinfachung am Feinmesser WIP kein niederfrequenter Lautstärkeregler vorgesehen wurde. Diese Aufgabe erfüllt ein zweistufiger Verzerrer. Da jeweils diejenigen Harmonischen erwünscht sind, die im Feinmesserbereich liegen und höhere Harmonische nur störende Zwischenpfeife verursachen würden, befindet sich am Ausgang des Grobmesserverzerrers ein Bandpaß für den Feinmesserbereich von 2,5 ... 3,75 MHz, über den die Harmonischen der Mischdiode (EBF 11) zugeführt werden. Die Mischstufe ist so dimensioniert, daß einzelne etwas schwächere anfallende Grobmesserharmonische bei der Interferenztonbildung nicht durch benachbarte stärkere Harmonische, die in diesem Falle als weitere Trägerfrequenzen wirken, unterdrückt werden. Mit diesen Maßnahmen gelingt es bei der Schwebungsanzeige, für jeden Grobmesser-Feinmesservergleich einen großen Interferenztonauschlag zu erreichen, der ein spielend leichtes Einstellen der Schwebungslücke ermöglicht. Von der Mischdiode werden die Interferenzöne über ein zwangsläufig mit dem Betriebsarten- und Grobmesserbereichschalter umgeschaltetes Hoch- und Tiefpaßfilter dem Niederfrequenzverstärker zugeführt. Für den Grobmesser-Feinmesservergleich bei Frequenzen über dem Feinmesserbereich wird die Grobmesserfrequenz bei abgeschalteter

20

Röhre 6 über C_{39} direkt der Diodenkathode zugeführt, und es werden die entsprechenden Feinmesserharmonischen zugemischt.

3.305 Der Feinmesser (Rö 5)

Der Feinmesser besteht aus einem Oszillator in Dreipunktschaltung, der den Frequenzbereich von 2,5...3,75 MHz in 8 Bereichen bestreicht. Durch Harmonischenvergleich mit der f_x -Frequenz wird jede Frequenzmessung auf seine Genauigkeit zurückgeführt, die wiederum durch Harmonischenvergleich zwischen Feinmesser und Quarzstufe kontrolliert wird. Bei eventuell auftretender Abweichung der Feinmessereichung wird diese wieder durch einen von der Frontplatte aus bedienbaren feststellbaren Korrekturtrimmer C_{54} berichtigt.

Die erforderliche Konstanz und hohe Ablesegenauigkeit des Feinmessers ist durch einen kleinen Variationsbereich (rd. 1:1,06 je Feinmesserbereich), einen stabilen Aufbau mit Leichtmetallgußteilen und keramischen Bauelementen, sorgfältige Temperaturkompensation, Stabilisierung der Anodenspannung und besondere konstruktive und elektrische Maßnahmen erzielt worden. Besonders bei den Bauteilen des Feinmessers (z. B. Bereichsschalter und Drehkondensator) haben langjährige Erfahrungen ihren Niederschlag gefunden.

Zur bequemen Messung kleiner Frequenzdifferenzen ist der Feinmesserdrehkondensator mit einem Plattenschnitt für konstante relative Verstimmung versehen ($\frac{df}{f} / d\alpha = \text{konst.}$). Auf einem mit der Abstimmkurbel verstellbar gekuppelten Skalenring können Verstimmungen von $1 \cdot 10^{-5}$ noch gut abgelesen werden, wobei 1 Teilstrich einer Verstimmung von $5 \cdot 10^{-6}$ entspricht. Die eigentliche Feinmesserskala erlaubt, die eingestellte Frequenz in einem mit dem Bereichsschalter bewegten Skalenfenster direkt abzulesen. Außerdem besitzt diese Skala noch eine 1250teilige Gradteilung, die mit -150 beginnt und mit +1100 endet. Der Bereich von 0 bis 1000 umfaßt dann etwa jeweils den nominalen Bereich, in dem auch die relative Verstimmung $\frac{df}{f} / d\alpha$ auf $\pm 3\%$ konstant ist, da in ihm die Randeffekte des Drehkondensators vernachlässigt werden können. Um bei mehreren Umdrehungen der Abstimmkurbel deren Skala auf die Gradteilung der Hauptskala beziehen zu können, ist die Kurbelskala 50teilig ausgeführt, wobei bei einer Umdrehung der Abstimmkurbel 50° der Gradteilung bestrichen werden. Eine Marke an Abstimmkurbel und

21

Kurbelskalenring ermöglicht es, dessen Teilung mit der Gradteilung der Feinmesserskala in Übereinstimmung zu bringen.

Beim Feinmesser ist außer dem von der Frontplatte bedienbaren Trimmer C_{54} noch ein Trimmer C_{50} vorgesehen, der nach Lösen einer Abdeckschraube von der Rückwand des Gerätes her zugänglich ist. Da C_{54} die Parallel- und C_{50} die Serienkapazität zum Abstimmkondensator zu verändern gestattet, ist es durch eine gleichzeitige Bedienung beider Trimmer möglich, auch den Variationsbereich des Feinmessers nachstellen zu können, wenn sich dieser infolge außergewöhnlicher Einflüsse verändert haben sollte.

3.306 Feinmessertrennstufe (Rö 8)

Dem Feinmesser ist eine eigene Trennstufe nachgeschaltet. Diese ist zur Erzielung hoher Rückwirkungsfreiheit nur lose an den Feinmesserschwingkreis angekoppelt. Im Anodenkreis befindet sich ein Schwingkreis, dessen Bandbreite der des Feinmessers entspricht. Bei Benutzung der Feinmessergrundwelle beim Frequenzvergleich wird diese oberwellenarm diesem Schwingkreis entnommen. Außerdem ist an ihn das Gitter des nachfolgenden Feinmesserverzerrers angekoppelt.

3.307 Feinmesserverzerrer (Rö 9)

Je nach Betriebsart und Frequenzbereich (siehe 3.2) gelangen an das Gitter dieser Röhre über C_{30} die Feinmesser- oder über C_{39} R_{29} die Quarzfrequenz. Diese Stufe erzeugt die beim Oberwellenvergleich benötigten Harmonischen durch Übersteuerung der Röhre. Ihre Ausgangsfrequenzen werden über C_{32} und C_{31} der Mischstufe zugeführt.

3.308 Quarzstufe (Rö 4)

Die 100 kHz-Quarzstufe dient als Frequenznormal. Sie ist mit einem Quarz mit einem kleinen Temperaturkoeffizienten ausgerüstet. Sie dient zur Nacheichung des Feinmessers, zum Abstimmen des Grobmessers beim Auskoppeln von 100 kHz-Vielfachen mit Quarzgenauigkeit und zum direkten Auskoppeln des Quarzharmonischenspektrums aus der Buchse „Quarzspektrum“.

Durch feste Rückkopplung (C_{40} und C_{41}) und Abstimmung des Anodenkreises auf ein 100 kHz-Vielfaches (L_3 und C_{44}) erzeugt die Quarzstufe dieses Spek-

22

trum mit ziemlich großer Amplitude. Die Ausgangsspannung wird praktisch rückwirkungsfrei aus dem Kathodenkreis ausgekoppelt; sie beträgt für die tieferen Harmonischen etwa 10 mV und ist bei 15 MHz auf etwa 0,1 mV je Harmonische abgesunken. Das Quarzspektrum kann durch Gittermodulation fremd- und eigenmoduliert werden.

3.309 Niederfrequenzverstärker (Rö 10 und Rö 11)

Er dient zur Verstärkung der Interferenzpfeife. Seine Ausgangsspannung dient zur Schwebungsanzeige durch ein eingebautes Instrument; außerdem kann sie dem Gerät durch Kopfhörerbuchsen entnommen werden.

3.310 Schwebungsanzeige

Sie besteht aus einem Gleichrichter Gl 1, der die vom Niederfrequenzverstärker kommende Interferenzfrequenz gleichrichtet. Die so gewonnene Gleichspannung wird dem Instrument „Schwebungsanzeige“ zugeführt, dem zwecks Erzielung eines am Skalenende sehr stark gedrückten Skalenverlaufes ein Trockengleichrichter Gl 2 parallel geschaltet ist. Hierdurch wird am Skalenanfang die volle Empfindlichkeit des Instrumentes zur Erzielung einer hohen Einstellsicherheit der Schwebungslücke ausgenutzt, während selbst bei den lautesten Interferenzpfeifen das Anzeigeelement nicht überlastet werden kann.

4 Bedienungsanleitung

4.01 Inbetriebnahme des Frequenzmessers WIP

Der Frequenzmesser wird vom Werk aus auf 220 Volt Netzspannung eingestellt. Soll er bei einer davon abweichenden Netzspannung betrieben werden, so muß die 0,6 A-Netzversicherung in dem als Spannungswähler ausgebildeten Sicherungshalter umgesteckt werden. Zu diesem Zweck kann die Rückwand des Frequenzmessers abgeschraubt werden. Der Sicherungshalter ist dann am rechten Seitenteil des Netzteiles, das auf 4 Säulen hochgestellt ist, zugänglich.

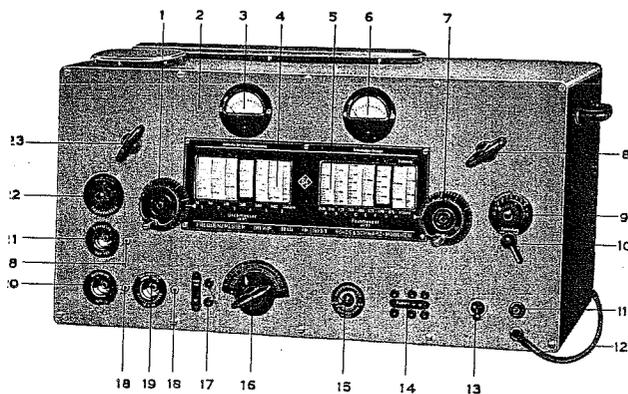
Bei eingeschaltetem Gerät leuchtet eine Glühlampe über dem Netzkabeleingang. Schon kurz nach dem Einschalten ist das Gerät betriebsbereit. Der Einlaufvorgang des Frequenzmessers ist nur klein und kann bei genauen Messungen nach Punkt 4.08 und 4.11 berücksichtigt werden.

23

Ein an der Innen- und Außenseite des Skalenfensters eingravierter Ablesestrich ermöglicht eine parallaxenfreie Ablesung der Meßergebnisse. Um dabei eine bequeme Kopfhaltung zu ermöglichen, kann das Gerät durch am Bodenteil befindliche Klappfüße schräg gestellt werden. Hierzu wird das Gerät vorne angehoben, dann werden nach Lösen einer gerändelten Überwurfmutter die Klappfüße nach vorne geklappt und dieselben wieder durch Anziehen der Überwurfmutter festgestellt.

Bei genauen Messungen ist das Gerät zweckmäßig vor direkter Sonnen- oder Heizkörpereinstrahlung zu schützen.

4.02 Frontplatte des Frequenzmessers WIP mit Bedienungsknöpfen, Anzeigeelementen, Schaltern und Ein- und Ausgangsbuchsen.

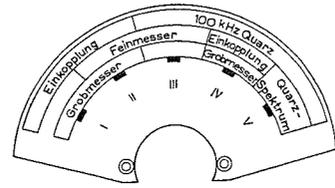


Erklärung der Ziffern nebenstehend!

24

- 1 Grobmesserabstimmung;
- 2 Elektrische Nullpunktnachstellung für Instrument „Kontrolle der Eingangsspannung“;
- 3 „Kontrolle der Eingangsspannung“
Günstigste Eingangsspannung, wenn beim Aufdrehen des Reglers „Empfindlichkeit“ Zeiger gerade durch eine kleine Ausschlagbewegung anspricht;
- 4 Grobmesser-Skala, siehe Bild 4.05 und auch 3.302;
- 5 Feinmesser-Skala, siehe Bild 4.05;
- 6 „Schwebungs-Anzeige“
Instrument zum Einstellen der Schwebungslücke;
- 7 Abstimmkurbel des Feinmessers mit verstellbarem Skalensring zur Ablesung kleiner Verstimmungen, 1 Skt = 5 · 10⁻⁵;
- 8 Feinmesserbereichschalter;
- 9 „Feinmesser-Nacheichung“ Knopf zum Nachstimmen des Feinmessers auf einen 100 kHz- oder 50 kHz-Punkt der Quarzstufe;
- 10 Mechanische Feststellung des Nacheichknopfes;
- 11 Anzeigeglimmlampe zeigt an: „Gerät eingeschaltet“;
- 12 Netzkabel;
- 13 Netzschalter;
- 14 Ausgangsbuchsen für Auskopplung von Interferenztönen, z. B. für Kopfhöreranschluss und Anschluß eines Frequenzzeigers;
- 15 Schalter für „Eigenmodulation“ Ein — Aus;
- 16 Betriebsartenschalter, siehe Bild 4.04;
- 17 Eingangsbuchsen für „Fremdmodulation“;
- 18 Erdbuchsen;
- 19 „Quarzspektrum-Vielfache“ Ausgangsbuchse für 100 kHz-Vielfache, Ausgangsspannung von ca. 10 mV... 0,1 mV absinkend;
- 20 „Auskopplung“ Ausgangsbuchse für Grobmesserfrequenz ca. 1 V an 1 kΩ;
- 21 „Einkopplung“ Eingangsbuchse für zu messende Frequenz 10 mV... 50 V;
- 22 „Empfindlichkeit“ C-Teiler für Eingangsspannung, Regelbereich 1:1000;
- 23 Grobmesserbereichschalter.

4.04 Stellungen des Betriebsartenschalters



- I Eingangsverstärker und Grobmesser eingeschaltet.
Bei Messung einer f_x-Frequenz wird immer zuerst in dieser Stellung eine Grobmessung vorgenommen.
Bedienung: Nach Punkt 4.06.
- II Eingangsverstärker, Grobmesser und Feinmesser eingeschaltet.
Stellung dient zur Feinmessung einer f_x-Frequenz.
Bedienung: Nach Punkt 4.08.
Außerdem dient diese Stellung zur Auskopplung der Grobmessersfrequenz mit Feinmessergenauigkeit.
Bedienung: Nach Punkt 4.121.
- III Feinmesser und Quarzstufe eingeschaltet; Eingangsverstärker ist abgeschaltet.
Stellung dient zur Kontrolle und Nachstellung des Feinmessers nach dem eingebauten Quarznormal.
Bedienung: Nach Punkt 4.11.
- IV Grobmesser, Eingangsverstärker und Quarzstufe eingeschaltet.
Zweck: Einstellung des Grobmessers auf 100 kHz-Vielfache bis 5 MHz mit Quarzgenauigkeit, bis etwa 1,5 MHz ist Grobmesser auf diesen Quarzharmoschen synchronisierbar.
Bedienung: Nach Punkt 4.122.
- V Quarzstufe allein eingeschaltet.
Zweck: Auskopplung des 100 kHz Harmonischenpektrums 100 kHz... 15 MHz.
Bedienung: Nach Punkt 4.13.

Grobmesserfrequenz liegt an Buchse „Auskopplung“

Grobmesserfrequenz liegt an Buchse „Auskopplung“

Grobmesserfrequenz liegt an Buchse „Auskopplung“

Quarzspektrum liegt an Buchse „Quarzspektrum“

4.05 Skalen und Abstimmung des Grobmessers und Feinmessers (Siehe auch 3.302 und 3.305)

4.051 Grobmesserskala

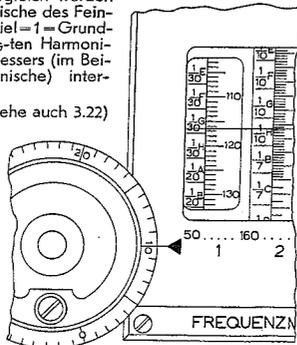
Auf der Grobmesserskala sind in dem durch das Schiebefenster ausgeblendeten Teil jeweils zwei Strichteilungen zu sehen. Die rechte Teilung ist die Frequenzteilung. Links daneben befindet sich eine Hilfsteilung, die beim Übergang von Grob- auf Feinmessung gebraucht wird.

Diese Hilfsteilung wird durch die sogenannten Bereichendstriche gebildet. Zwischen den Bereichendstrichen ist durch große Buchstaben (A...H) für jede Grobmesserfrequenz der zur Feinmessung zu benutzende Feinmesserbereich angegeben. Die Bereichendstriche entsprechen den (nominalen) Enden der Feinmesserbereiche, also 0 und 1000° der Feinmesser-Gradeinteilung. Jeder Zwischenpunkt entspricht demnach einer bestimmten Feinmesserabstimmung (zwischen 0 und 1000° in einem bestimmten Feinmesserbereich). Vor der Bezeichnung der Feinmesserbereiche steht jeweils eine ganze oder gebrochene Zahl, die als Harmonischenfaktor bezeichnet wird.

$$H = \frac{hF}{h_G} \quad (\text{in untenstehendem Beispiel: } \frac{1}{30})$$

Dies bedeutet: Beim Grobmesser-Feinmesservergleich werden die h_F-te Harmonische des Feinmessers (im Beispiel = 1 = Grundwelle) mit der h_G-ten Harmonischen des Grobmessers (im Beispiel 30. Harmonische) interferiert.

Es ist f_x = f_F · H (siehe auch 3.22)



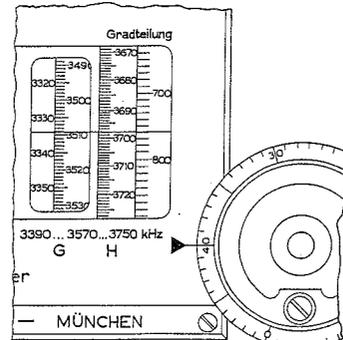
Aus dem Beispiel der oben ersichtlichen Grobmessereinstellung läßt sich folgendes entnehmen:
Mit dem Grobmesser gemessene Frequenz f_x = 116,5 kHz (± 0,8 %).
Soll anschließend die Feinmessung der grob bestimmten f_x-Frequenz erfolgen, so muß der Feinmesserbereich G eingeschaltet werden und die Schwebungslücke in der Umgebung von 800° der Feinmessergradeinteilung aufgesucht werden. (Geschätzt auf Grund der Lage des Ablesestriches zu den Bereichendstrichen.) Siehe auch 3.302.

4.052 Feinmesserskala

Die Feinmesserfrequenz wird an der Frequenzteilung in dem Schiebefenster abgelesen.

Auf der Feinmessertrommel befindet sich ganz rechts die „Gradteilung“. Sie geht von -150... 1100°, 0... 1000° entsprechen dem nominalen Feinmesserbereich. (Siehe auch 3.305.) Die Bereichendstriche auf der Grobmesserskala beziehen sich auf 0 und 1000° dieser Gradteilung, wenn bei der Feinmessung die angegebene Harmonischenkombination benutzt wird.

Zur Messung kleiner Verstimmungen dient der in 50 Grad geteilte verstellbare Skalensring auf dem Abstimm-Kurbelknopf des Feinmessers. Ein Teilstrich entspricht einer Verstimmung von 5 · 10⁻⁴. Die Meßsicherheit beträgt etwa 1 · 10⁻⁴. Die Verstimmung ist auf 3% der Verstimmung genau. 50 Teilstriche des Skalensrings entsprechen 50° der Gradteilung auf der Trommel.



Die oben wiedergegebene Einstellung des Feinmessers ist durch eine an das vorhergehende Beispiel der Grobmessung anschließende Feinmessung gefunden worden. Hierzu wurde auf Grund der Ablesung auf der Hilfsteilung bei der Grobmessung die Schwebungslücke im Bereich G in der Umgebung von 800° der Gradteilung gesucht. Die richtige Abstimmung ergab sich bei 760°.

Als Feinmesserfrequenz wird abgelesen:

$$f_F = 3509,2 \text{ kHz}$$

Aus f_F (nach Feinmesserskala = 3509,2 kHz) und H (nach Grobmesserskala = $\frac{1}{30}$) berechnet sich die f_x-Frequenz zu:

$$f_x = f_F \cdot H = 3509,2 \cdot \frac{1}{30} = 116,97 \text{ kHz } (\pm 5 \cdot 10^{-5})$$

4.06 Frequenzmessung mit dem Grobmesser im Nennfrequenzbereich
(50 kHz ... 30 MHz)

4.061 Zu messende Frequenz f_x der Buchse „Einkopplung“ zuführen; durch Benutzung eines abgeschirmten Kabels können Störfrequenzen ferngehalten werden, die nicht dem Meßobjekt entstammen. Passende HF-Verbindungskabel können von uns bezogen werden. Bestellnummer BN 90 526 / Länge in Zentimeter.

4.062 Eingangskoppler „Empfindlichkeit“ nur so weit nach rechts aufdrehen, bis der Zeiger des Instrumentes „Eingangsspannungskontrolle“ durch eine kleine Ausschlagsbewegung (etwa 1 % vom Vollausschlag) gerade anspricht. Die ans Gitter der Eingangsrohre gelangende Spannung beträgt dann etwa 50 mV. Aber schon eine Eingangsspannung von etwa 10 mV, die jedoch unter der Ansprechempfindlichkeit des Instrumentes liegt, genügt, um für die Interferenzpfeife beim f_x -Grobmesserfrequenzvergleich am Instrument Schwebungs-Anzeige maximal halben Vollausschlag zu erzielen, und um schon eine merkliche Einstellerleichterung durch Mitnahme des Grobmessers durch die f_x -Frequenz zu erreichen. Bei Beachtung dieses Punktes 4.062 ist gewährleistet, daß nicht versehentlich Frequenzen gemessen werden, die nicht dem Meßobjekt entstammen, sondern erst im Frequenzmesser durch Übersteuerung entstehen.

4.063 Betriebsartenschalter auf Stellung I (Einkopplung + Grobmesser) stellen. (Siehe auch 4.04.)

4.064 Grobmesserbereichschalter (Knebelknopf links neben Grobmesserskala) auf den Bereich schalten, innerhalb desselben erwartungsgemäß die f_x -Frequenz liegt. Bei Unkenntnis der f_x -Frequenz nacheinander alle Grobmesserbereiche nach ihr (nach Punkt 4.065) absuchen.

4.065 Mit Durchdrehen der Grobmesserabstimmkurbel Interferenzton, kenntlich durch Ausschlag der Schwebungsanzeige oder Pfeifton im Kopfhörer, aufsuchen. Bei Beachtung des Punktes 4.062 muß der Zeiger des Instrumentes „Schwebungs-Anzeige“ maximal mindestens halben Vollausschlag zeigen, wenn die Eingangsspannung so groß ist, daß der Zeiger des Instrumentes „Kontrolle der Eingangsspannung“ anspricht. Hierauf Aufsuchen der Schwebungslücke, die am Instrument „Schwebungs-Anzeige“ daran kenntlich ist, daß

30

nung benötigt, für höhere Frequenzen entsprechend weniger, für tiefere mehr. Bei wirksamen Eingangsspannungen über etwa 1 Volt schlägt der Zeiger des Instrumentes „Kontrolle der Eingangsspannung“ zwar an den rechten Anschlag an, doch ist das Anzeigeinstrument gegen praktisch mögliche Überlastungen unempfindlich. Bei genügender Eingangsspannung wird man beim Absuchen des untersten Grobmesserbereiches nun mehrere Interferenzpfeife feststellen, die von verschiedenen Harmonischen stammen. Da sich aus dem relativen Abstand zweier aufeinanderfolgender Harmonischen bekanntlich bestimmen läßt, welches Vielfache n der Grundwelle vorliegt, ergibt sich die zu messende Frequenz wie folgt: Es seien f_1 und f_2 die tiefsten benachbarten Grobmesserablesungen, für die beim Harmonischenvergleich von f_x gegen Grobmessers-Frequenz Schwebungslücke eingestellt wurde, wobei man den Grobmesser von 50 kHz an aufwärts durchgedreht hat. Dann ist die beim Frequenzvergleich benutzte Harmonische von f_1

$$n_1 \approx n'_1 = \frac{f_1}{f_2 - f_1}$$

Aus n'_1 findet man n_1 , indem man den Wert von n'_1 auf die nächste ganze Zahl auf- oder abrundet.

Damit berechnet sich f_x zu $f_x = \frac{f_1}{n_1}$,

wobei f_1 dann durch den unter Punkt 4.08 beschriebenen Grobmesser-Feinmesservergleich genauer bestimmt werden kann.

Beispiel:

Beim Durchdrehen des untersten Grobmesserbereiches ergeben sich Interferenzpfeife für die Grobmessersfrequenzen 60,7, 72,8, 84,9 kHz usw. .

$f_1 = 60,7 \text{ kHz}$ $f_2 = 72,8 \text{ kHz}$

$$n_1 \approx n'_1 = \frac{f_1}{f_2 - f_1} = \frac{60,7}{72,8 - 60,7} = 5,016 \quad n_1 = 5$$

$$f_x = \frac{f_1}{n_1} \pm \text{Grobmessergenauigkeit} = 12,14 \text{ kHz} \pm 0,8 \text{ \%}$$

Hierauf kann bei Bedarf durch einen Grobmesser-Feinmesservergleich f_1 genauer bestimmt werden. Für unser Beispiel ergibt sich dabei:

$f_1 = 60,723 \text{ kHz} \pm 5 \cdot 10^{-5}$, dann ist

$$f_x = \frac{f_1}{n_1} = \frac{60,723}{5} = 12,1446 \text{ kHz} \pm 5 \cdot 10^{-5}$$

32

in derselben der Zeiger in die Nullstellung geht, während sowohl beim Rechts- und Linksherausdrehen aus derselben die Schwebungsanzeige einen Ausschlag zeigt. Durch die vorgesehene Mitnahme der Grobmessersfrequenz durch f_x ist die Schwebungslücke leicht einstellbar und besonders bei höheren f_x -Frequenzen bei Durchdrehung der Grobmesserabstimmung durch ruckartiges Zurückgehen der Schwebungsanzeige in Nullstellung ins Auge springend.

Bei der Messung von oberwellenreichen Eingangsspannungen spricht der Frequenzmesser natürlich (wie auch jeder Absorptionsfrequenzmesser) auf diese Harmonischen an, wenn die Empfindlichkeit für ihre Anzeige ausreicht. Bei der Messung gänzlich unbekannter Frequenzen sucht man daher gegebenenfalls den Interferenzpfeiff heraus, bei dem der Grobmesser auf die tiefste Frequenz abgestimmt ist. Damit hat man die Grundfrequenz des Meßobjektes bestimmt.

4.066 Am warmen Gerät bei Bedarf den elektrischen Nullpunkt des Instrumentes „Eingangsspannungskontrolle“ an der neben dem Instrument befindlichen Schlitzachse nachstellen. Nullpunktswanderungen sind jedoch sehr unkritisch, da bei der Eingangsspannungskontrolle nach Punkt 4.062 nur auf die Ausschlagbewegung des Instrumentenzeigers geachtet wird.

4.07 Frequenzmessungen mit dem Grobmesser außerhalb des Nennfrequenzbereiches

Etwa ab 10 kHz und bis 100 MHz (die Grenzen richten sich nach der zur Verfügung stehenden Eingangsspannung) lassen sich unter Verzicht auf die im Nennfrequenzbereich ohne Zwischenrechnung gewährleistete völlige Eindeutigkeit auch Frequenzmessungen außerhalb des Nennfrequenzbereiches durchführen, wie man dies bei bisher bekannten Interferenzfrequenzmessern gewohnt ist. Hierzu muß dem Frequenzmesser nur eine erhöhte Eingangsspannung zugeführt werden. Die Messungen erfolgen wieder in Betriebsarten schalterstellung I (Einkopplung + Grobmesser).

4.071 Frequenzmessungen außerhalb des Nennfrequenzbereiches unter 50 kHz

Durch Zuführung einer genügend großen Eingangsspannung (eventuell Eingangskoppler „Empfindlichkeit“ ganz aufdrehen) wird die Eingangsstufe soweit übersteuert, daß sie Harmonische der f_x -Frequenz mit genügender Amplitude erzeugt, die in den untersten Grobmesserbereich fallen; diese werden gemessen. Zum Beispiel werden zur Messung von 10 kHz etwa 5 Volt Eingangsspan-

31

4.072 Frequenzmessungen außerhalb des Nennfrequenzbereiches über 30 MHz

Hierbei wird dem WIP eine so große Eingangsspannung zugeführt, daß trotz der anodenseitigen Abstimmung der Eingangsstufe noch so viel Spannung der f_x -Frequenz an das Gitter des Grobmessers gelangt, daß an diesem Interferenz-töne ausreichender Amplitude beim f_x -Grobmesservergleich entstehen. Infolge der hohen Selektivität dieser Abstimmung (die ja im Nennfrequenzbereich ähnliche ohne Zwischenrechnung nicht eindeutige Messungen verhindern soll) muß der Eingangsbuchse auch bei aufgedrehtem Eingangsregler eine Eingangsspannung bis zu mehreren Volt zugeführt werden. Diese Messung erfolgt analog nach 4.071 durch Aufsuchen zweier benachbarter Schwebungslücken, nur werden hier die Grobmesserbereiche 6 und 5 von der höchsten Frequenz beginnend daraufhin abgesucht. Die f_x -Frequenz ergibt sich dann durch folgende kleine Rechnung, wobei f_2 die höchste, f_1 die zweithöchste Grobmessers-Frequenzablesung bedeutet, bei der f_x mit der entsprechenden Grobmessers-harmonischen zur Schwebungslücke gebracht wurde.

$$f_x = n_2 \cdot f_2$$

$$n_2 \approx n'_2 = \frac{f_1}{f_2 - f_1}$$

n_2 ergibt sich dann durch Auf- oder Abrundung von n'_2 auf die nächste ganze Zahl.

Zum Beispiel:

Als höchste benachbarte Grobmessereinstellungen, bei denen Schwebungslücke mit der f_x -Frequenz eingestellt werden kann, seien 19,15 und 28,60 MHz gemessen worden; dann ist

$f_1 = 19,15$ $f_2 = 28,60 \text{ MHz}$

$$n_2 \approx n'_2 = \frac{f_1}{f_2 - f_1} = \frac{19,15}{28,60 - 19,15} = 2,03; \quad n_2 = 2$$

$$f_x = n_2 \cdot f_2 = 2 \cdot 28,60 = 57,2 \text{ MHz} \pm 0,8 \text{ \%}$$

Analog 4.071 kann dann durch eine anschließende Feinmessung von f_2 auch f_x mit Feinmessergenauigkeit bestimmt werden, wobei nur das genaue Ergebnis von f_2 mit n_2 zu multiplizieren ist.

4.08 Feinmessungen der Eingangsfrequenz f_x

4.081 Bei Feinmessungen wird das Gerät zweckmäßig 20 Minuten vor Beginn der Messungen eingeschaltet, da danach die Frequenzänderungen durch

33

Temperatureinflüsse infolge Eigenerwärmung nur noch sehr klein sind. Der Endwert der Übertemperatur ist nach etwa 2 Stunden fast erreicht (Zeitkonstante 1,5...2 Stunden); jedoch sind bei gelegentlicher Nachstellung des Feinmessers gegen den Normalquarz Messungen mit der vollen Genauigkeit schon kurz nach dem Einschalten (etwa 5 Minuten) möglich, da der Feinmesser auch in den ersten 20 Minuten nach dem Einschalten weniger als $5 \cdot 10^{-5}$ läuft.

4.082 Jeder Feinmessung muß eine Grobmessung von f_x vorausgehen, wie sie unter Punkt 4.06 beziehungsweise 4.07 der Bedienungsanleitung beschrieben ist. Infolge der Synchronisierung der Grobmesserfrequenz durch die f_x -Frequenz kann die Feinmessung in aller Ruhe vorgenommen werden, da f_x und die Grobmesserfrequenz in Tritt bleiben. Bei Bedarf (z. B. langsam wandernder f_x -Frequenz) kann nach der Grobmessung der f_x -Frequenz durch Rechtsdrehen des Reglers „Empfindlichkeit“ ein größerer Mitnahmebereich eingestellt werden.

4.083 Hierauf wird der Betriebsartenschalter in Stellung II geschaltet (Einkopplung + Grobmesser + Feinmesser).

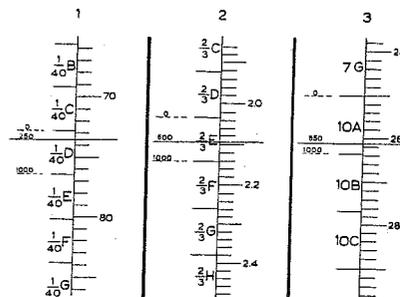
4.084 Zur Feinmessung wird nun auf der Grobmesserskala der neben der Grobmesserfrequenzangabe stehende Feinmesserbereich (A...G) und der ungefähre Skalenwert (0...1000°) der Feinmessergradeinteilung abgelesen, wie dies unter 4.05 und dem Bild von 4.086 näher gezeigt wird. (Siehe auch 3.302.)

4.085 Nun wird der nach 4.084 bestimmte Feinmesserbereich durch Drehen an dem Knebelknopf rechts neben der Feinmesserskala eingeschaltet und durch Drehen an der Feinmesserkurbel die Feinmesserabstimmung in die Gegend der nach 4.05 geschätzten Gradzahl gedreht. In der Nähe wird sich dann der zugehörige Interferenzpfeiff eindrehen lassen. Durch Einstellen der Schwebungslücke (siehe 4.065) ist dann die Einstellung des Feinmessers für diese Messung vollzogen.

4.086 Die Ermittlung der genauen f_x -Frequenz erfolgt nun durch Multiplikation der genauen am Feinmesser abgelesenen Frequenz mit dem Harmonischenfaktor. Dieser steht als ganze oder gebrochene Zahl links neben der Feinmesserbereichsangabe auf der Grobmesserskala (Siehe auch 4.05.)

34

Einstellung des Grobmessers nach erfolgter Grobmessung.



An der Grobmesserskala sind damit die Werte der folgenden Zeilen 1...7 ablesbar.

Zelle		1	2	3
1	Abgelesene Frequenz d. Grobmessung genau auf $\pm 0,8\%$	73,6 $\pm 0,6$ kHz	2,095 $\pm 0,017$ MHz	26,12 $\pm 0,21$ MHz
2	Zur Feinmessung wird eingeschaltet d. Feinmesserbereich	D	E	A
3	Der Interferenzpfeiff ist zu erwarten bei einer Gradzahl der Feinmesserabstimmung von (siehe auch 4.05 und 3.302)	etwa 250°	etwa 600°	etwa 850°
4	Harmonischenfaktor			
5	$H = \frac{hF}{hG}$	$\frac{1}{40}$	$\frac{2}{3}$	$10 (= \frac{10}{1})$
6	hF	1	2	} zu 4,92
7	hG	40	3	
8	Abgelesene Feinmesserfrequenz genau auf $\pm 5 \cdot 10^{-5}$	2946,3 kHz	3143,7 kHz	2616,2 kHz
9	Die f_x -Frequenz berechnet sich zu	$2946,3 \cdot \frac{1}{40}$ = 73,657 $\pm 0,0036$ kHz	$3143,7 \cdot \frac{2}{3}$ = 2095,8 $\pm 0,1$ kHz	$2616,2 \cdot 10$ = 26162 $\pm 0,0013$ MHz

35

4.09 Fernmessung von Sendern

Bei der Fernmessung eines Senders wird dessen Welle mit einem geeigneten Empfänger empfangen und auf dessen Eingang außer der zu messenden Empfangsfrequenz f_x die Grobmesserfrequenz f_G des WIP gegeben. Das Abhören des Interferenzpfeiffes erfolgt hierbei am Lautsprecher des Empfängers. Sorgt man durch geeignete Kopplung dafür, daß die Amplituden von f_x und f_G am Empfängereingang ungefähr gleich groß sind, dann tritt (bei Empfängern mit Schwundausgleich) der Interferenzton (bei $f_G \approx f_x$) am stärksten auf. Bei genauer Einstellung des Grobmessers auf die Schwebungslücke im Empfänger ist $f_x = f_G$, und f_x kann nun durch Feinmessung der Grobmesserfrequenz f_G mit voller Genauigkeit des WIP ermittelt werden.

Bei tiefen f_x -Frequenzen kann hierbei aber das Einstellen auf die Schwebungslücke wegen der unteren Grenzfrequenz des NF-Verstärkers im Empfänger nicht genügend genau vorgenommen werden. Bei $f_x = 50$ kHz entspricht z. B. ein Interferenzton von 50 Hz immer noch einer relativ großen Frequenzdifferenz von 0,1%. Bei tiefen f_x -Frequenzen muß also die Überlagerung von f_x und f_G schon vor dem NF-Verstärker des Empfängers festgestellt werden, z. B. dadurch, daß man mit einem empfindlichen Drehspulinstrument oder mit einem Röhrenvoltmeter die Schwebung der Schwundregelspannung beobachtet. Hiermit kann auf beliebig tiefe Interferenzfrequenzen eingestellt werden.

Man kann aber auch über den Lautsprecher beliebig niederfrequente Schwebungen zwischen f_x und f_G abhören, wenn ein für tonlose Telegrafie geeigneter Empfänger zur Verfügung steht. Hierbei wird zunächst dieser so abgestimmt, daß mit der f_x -Frequenz ein Schwebungston von etwa 1000 Hz entsteht. Hierauf gibt man auch die Grobmesserfrequenz f_G auf den Empfängereingang. Bei $f_x \approx f_G$ schwebt dann die Lautstärke dieses 1000-Hz-Tones im Takte der Differenzfrequenz, und man kann somit genau auf Schwebungsnul einstellen.

4.10 Messung kleiner Frequenzdifferenzen mit dem Feinmesser

Diese Meßmethode erlaubt es, die hohe Kurzzeitkonstanz des Frequenzmessers WIP dazu auszunutzen, um kleine Frequenzdifferenzen mit einer höheren Genauigkeit zu messen als sie bei direkter Ablesung an der Frequenzskala

erzielbar ist. Dies ist in der Meßtechnik häufig von großer Bedeutung, so z. B. beim Vergleich sehr frequenzbenachbarter Generatoren, bei der Messung kleiner Frequenzänderungen an Oszillatoren, wie auch bei Bandbreitenmessungen.

4.101 Messung kleiner Frequenzdifferenzen mit dem Frequenzmesser WIP ohne zusätzliche Geräte

Für diese Messung ist der Feinmesser mit einem mit der Abstimmkurbel gekuppelten verstellbaren Skalenring versehen. Da ferner durch einen Spezialplattenschnitt des Feinmesserdrehkondensators die relative Verstimmung zwischen 0 und 1000° der Feinmessergradeinteilung auf $\pm 3\%$ von der Verstimmung konstant ist, können kleine Verstimmungen des Feinmessers direkt abgelesen werden. Hierbei entspricht ein Skalenteil der Kurbelskala einer Verstimmung von $5 \cdot 10^{-5}$. Die kleinste noch gut meßbare Frequenzdifferenz beträgt etwa $1 \cdot 10^{-5}$.

Die Messung erfolgt zunächst, wie bei allen Feinmessungen, nach Punkt 4.08. Zur Ermittlung der Frequenzdifferenz zweier nah benachbarter Frequenzen wird für jede auf Schwebungslücke abgestimmt und auf der Kurbelringskala der zugehörige Teilstrichunterschied festgestellt. Dieser kann ohne jede Rechnung direkt abgelesen werden, wenn man in der unteren Schwebungslücke den verstellbaren Skalenring auf 0 dreht.

Die relative Verstimmung v beträgt dann bei einem Teilstrichunterschied von $\Delta \alpha$

$$v = \Delta \alpha \cdot 5 \cdot 10^{-5}$$

Hieraus ergibt sich die Frequenzdifferenz zu

$$\Delta f_x = f_x \cdot v$$

(Die Formel $v \approx \Delta \alpha \cdot 5 \cdot 10^{-5}$ beruht auf den Rechenregeln für kleine Größen.

Die genaue Formel lautet:

$$v = (1,00005)^{\Delta \alpha} - 1 \approx \Delta \alpha \cdot 5 \cdot 10^{-5}$$

Da der Fehler dieser Näherungsrechnung erst bei einer Verstimmung von 2% nur 1% von der Verstimmung ausmacht, ist in dem praktisch vorkommenden

36

37

Bereich bei der Messung kleiner Verstimmungen durch die Benutzung der genauen Formel keine Genauigkeitssteigerung mehr zu erwarten.)

Die Genauigkeit bei der Messung kleiner Verstimmungen ergibt sich aus der Einstellungssicherheit von $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ und der Toleranz der Verstimmung pro Skalenteil von $\pm 3\%$. Die Genauigkeit beträgt damit

$$\pm \left(3\% + \frac{2 \cdot 10^{-5}}{v} \right) \text{ von der Verstimmung.}$$

Der Gewinn bei Benutzung der Verstimmungsskala ist besonders bei kleinen Verstimmungen groß; bei Verstimmungen über 3% oder 60 Skalenteile = 1,2 Umdrehungen an der Abstimmkurbel ist dagegen eine Verstimmungsbestimmung durch Differenzbildung zweier Frequenzablesungen genauer; hier beträgt die Unsicherheit dann $2 \cdot (5 \cdot 10^{-5})$ von der Frequenz.

Beispiel für die Messung einer kleinen Frequenzdifferenz:

Bei einer Empfängerfrequenz von 8 MHz soll die Bandbreite eines Empfängers bestimmt werden.

Die Messung erfolgt wegen der zu erwartenden relativ schmalen Bandbreite durch eine Verstimmungsmessung. Bei abgeschalteter Schwundregelung wird ein Generator nach der gemessenen Empfängerangspannung nacheinander auf die Grenzfrequenzen des Durchlaufbereiches eingestellt und deren Differenz dann mit dem Frequenzmesser WIP gemessen. Bei dieser Messung ist es möglich, den Frequenzmesser WIP selber als Meßgenerator zu benutzen. Hierzu wird die der Buchse „Auskopplung“ entnommene Grobmessfrequenz zum Beispiel über die Strahlung eines kurzen Drahtstückes lose an den Empfänger eingekoppelt. Dann wird der Grobmessfrequenz auf die untere Grenzfrequenz des Empfängerdurchlaufbereiches gestellt und der Grobmess-Feinmesservergleich nach 4.083... 4.086 durchgeführt. Hierauf stellt man den verstellbaren Skalenteil auf 0. Dabei ist natürlich darauf zu achten, daß die Abstimmung des Feinmessers in der Schwebungslücke erhalten bleibt. Nachdem der Grobmessfrequenz nun auf die obere Grenzfrequenz der Empfängerbandbreite eingestellt worden ist, stimmt man den Feinmesser von neuem auf Schwebungslücke ab. Am Kurvelskalenteil wird nun die erfolgte Feinmesser-

verstimmung abgelesen. α sei 16,2. Da bei der ersten Abstimmung $\alpha = 0$ gewählt wurde, beträgt also $\Delta \alpha = \alpha_2 - \alpha_1 = 16,2$. Dabei wird $v = 16,2 \cdot 5 \cdot 10^{-5} = 81 \cdot 10^{-5}$ v ist genau bekannt auf

$$\pm \left(3\% + \frac{2 \cdot 10^{-5}}{81 \cdot 10^{-5}} \right) = \pm 5,5\%$$

womit $v = (81 \pm 4,5) \cdot 10^{-5}$ wird
 $\Delta f_x = f_x \cdot v = 6,5 \pm 0,36 \text{ kHz}$

Da bei dieser Messung der Abstand der durchgelassenen Seitenbandfrequenzen gemessen wurde, beträgt die niederfrequente Bandbreite des Empfängers die Hälfte von Δf_x . Es wird somit

$$\text{Bandbreite} = \frac{6,5 \pm 0,36}{2} = 3,25 \pm 0,18 \text{ kHz.}$$

Würde man hingegen die Differenzfrequenz Δf_x durch Differenzbildung zweier Frequenzablesungen bestimmen, so wäre sie um die doppelte Feinmessergenauigkeit $= \pm 2 \cdot (5 \cdot 10^{-5}) \cdot 8000 = \pm 0,8 \text{ kHz}$ unsicher.

4.102 Messungen kleiner Frequenzdifferenzen bei Benutzung eines an den WIP angeschlossenen direktzeigenden Frequenzmessers

Mit dieser Meßmethode lassen sich besonders bequem und schnell kleine Einflüsse auf die Frequenz von Oszillatoren untersuchen, da sie erlaubt, die hohe Kurzzeitkonstanz des Feinmessers von einigen 10^{-8} zur Messung auszunutzen.

Die Messung erfolgt zunächst nach Punkt 4.08. Hierauf wird der Feinmesser etwas aus der Schwebungslücke herausgedreht und der entstehende Interferenzton an einem an die Kopfhörerbuchsen angeschlossenen Frequenzzeiger angezeigt. (Für diesen Zweck eignet sich unser Frequenzzeiger Type FTK, BN 4700, 10 Hz... 30 kHz). Bei Mitnahme des Grobmessers durch die f_x -Frequenz wird dann jede kleine Änderung derselben durch eine Ausschlagänderung des Frequenzzeigers angezeigt. Bei dieser Messung muß man nur dafür sorgen, daß die Grobmessfrequenz mit der f_x -Frequenz in Tritt bleibt. Zur Kontrolle kann man gelegentlich auf Betriebsart I (Einkopplung + Grobmess) schalten, in der dann bei Mitnahme keine Interferenzanzeige erfolgen darf. Soll der Grobmess ohne Nachstimmung den vorkommenden Änderun-

gen der f_x -Frequenz folgen, so muß der Eingangsbuchse eine genügende Spannung zugeführt und der Eingangskoppler ausreichend weit aufgedreht werden. Bei aufgedrehtem Eingangsregler beträgt die Mitnahme etwa $2 \cdot 10^{-4}$ für 100 mV Eingangsspannung. (Hierbei zeigt das Instrument „Kontrolle der Eingangsspannung“ etwa 4% vom Vollausschlag an.)

Da beim hier benutzten Grobmess-Feinmesservergleich die in der Tabelle von Punkt 3.22 aufgeführten Vergleichsfrequenzen benutzt werden, die nicht immer der f_x -Frequenz gleich sind, muß die f_x -Frequenzänderung erst aus der Interferenzfrequenzänderung berechnet werden. Hierbei seien

f_x = zu messende Frequenz = Grobmessfrequenz,

Δf_i = Interferenzfrequenzänderung bei der Messung,

h_G = Zahl unter dem Bruchstrich des Harmonischenfaktors oder 1 bei ganzzahligem Harmonischenfaktor (siehe auch 4.05 und Tabelle von 4.086 Zeile 7).

$$\text{Dann ist } \Delta f_x = \frac{\Delta f_i}{h_G}$$

Zu dieser Messung schaltet man den angeschlossenen Frequenzzeiger zweckmäßig auf einen Bereich, der mindestens das Doppelte der zu erwartenden Interferenzfrequenzänderung umfaßt. Dann geht man, falls man bei steigender f_x -Frequenz auch eine steigende Interferenzfrequenzanzeige erreichen will, durch Linksdrehen der Feinmesserabstimmung soweit aus der Schwebungslücke heraus, bis der angeschlossene Frequenzzeiger etwa halben Vollausschlag zeigt. Gelangt man dann später bei der Messung auf zu tiefe Schwebungsfrequenzen, die nicht mehr genügend verstärkt und angezeigt werden, so muß man mit der Feinmesserabstimmung etwas weiter von der Schwebungslücke weggehen und gegebenenfalls einen größeren Bereich am Frequenzzeiger einstellen. Hierauf wiederholt man die Messung. Selbstverständlich darf während einer Messung, die ausgewertet werden soll, am Feinmesser nichts verstimmt werden. Bei diesen Messungen muß man sich auch davon überzeugen, daß man noch auf derselben Seite von der Schwebungslücke mißt, auf der man zunächst den Feinmesser auf einen bestimmten Frequenzzeigerausschlag abgestimmt hat. Ist man z. B. dabei, wie man das aus obigem Grunde meistens machen wird, nach links aus der Schwebungslücke herausgegangen, so befindet man sich solange auf dieser Seite, als man sich beim Rechtsdrehen der Abstimmung der Schwebungslücke wieder nähert, also dabei einen sinkenden Frequenzzeigerausschlag feststellt.

Die Genauigkeit der nach dieser Methode gemessenen Frequenzdifferenzen hängt sowohl von der Kurzzeitkonstanz des WIP-Feinmessers, wie auch von der mit dem Frequenzzeiger erzielten Meßsicherheit ab. Bei nicht zu heftigen Netzspannungsschwankungen liegt die Konstanz des Feinmessers über kürzere Zeiten bei etwa $2 \cdot 10^{-8}$. Außer dem Frequenzzeigerfehler ist daher bei Messungen von kleinen Frequenzdifferenzen über kurze Meßdauer mit einer Meßunsicherheit von etwa $2 \cdot 10^{-6}$ von der f_x -Frequenz zu rechnen.

Bei Messungen über längere Zeiträume ist die Meßgenauigkeit schlechter. Dagegen läßt sie sich bei schneller Wiederholung der Messungen steigern, da für kürzere Zeiten die Feinmesserkonstanz noch besser ist. Auch durch Mittelwertbildung mehrerer Messungen ist meistens noch eine Genauigkeitsverbesserung möglich.

Beispiele:

1) Es sollen die Schwingfrequenzen mehrerer Quarze durch Vergleich mit Normalfrequenz näher bestimmt werden.

Normalfrequenz $f_0 = 100,00000 \text{ kHz}$

Quarzfrequenz $100 \text{ kHz} \pm 15 \text{ Hz}$

Zunächst wird der Grobmess in Betriebsart I (nach 4.06) auf Schwebungslücke mit der Normalfrequenz abgestimmt. Auf der Grobmesserskala stehen dann neben der Frequenz (wie bei Punkt 4.086 ersichtlich) die näheren Angaben zur Feinmesserabstimmung. Als Harmonischenfaktor ist $H = \frac{h_F}{h_G} = \frac{1}{30}$

vermerkt. Der Grobmess-Feinmesservergleich findet also auf der Feinmessergrundwelle ($h_F = 1$) und 30. Grobmessharmonischen ($h_G = 30$) statt. Die mögliche Frequenzdifferenz von $\pm 15 \text{ Hz}$ zwischen Normalfrequenz und Quarzschwingfrequenzen bewirkt wegen Benutzung der 30. Grobmessharmonischen am Ausgang des WIP eine Schwebungsfrequenzänderung von $30 \times 15 = 450 \text{ Hz}$ maximal. Nun wird man am Frequenzzeiger einen Frequenzbereich wählen, der diese Interferenzfrequenzänderung mindestens doppelt umfaßt, also hier den 1 kHz-Bereich. Dann verstimmt man den Feinmesser soweit nach links aus der zugehörigen Schwebungslücke heraus, bis der Frequenzzeiger etwa halben Vollausschlag, also z. B. 500 Hz, anzeigt. Nachdem man nun an den Eingang die Frequenz eines der zu messenden Quarze, die in ihrer Schwingungserregung sind, gelegt und sich überzeugt hat, daß der Grobmess auch von dieser f_x -Frequenz mitgenommen wird, liest man

die neue Schwebungsfrequenz am Frequenzzeiger ab. Sei diese z. B. 232 Hz, so ist $\Delta f_1 = 500 - 232 = 268$ Hz, wenn man sich noch auf derselben Seite der Schwebungslücke befindet (andernfalls wäre $\Delta f_1 = 500 + 232 = 732$ Hz).

Aus Δf_1 ergibt sich Δf_x zu

$$\Delta f_x = \frac{\Delta f_1}{h_G} = \frac{268}{30} = 8,9 \text{ Hz}$$

Die Frequenz ist kleiner als die Normalfrequenz, weil der Frequenzzeiger bei Anschaltung der Quarzfrequenz weniger anzeigt.

Damit ist die gemessene Quarzfrequenz

$$f_x = 100,00000 \text{ kHz} - 8,9 \text{ Hz}$$

Bei dieser Messung kann man leicht mit Hilfe eines Umschalters sowohl die Normal- als auch die gemessene Quarzfrequenz in schneller Folge abwechselnd messen. Man wird sich hierbei durch die gute Reproduzierbarkeit aufeinanderfolgender Messungen davon überzeugen können, daß die Feinmesserkonstanz auf so kurze Meßzeiten so hoch ist, daß die Meßunsicherheit nur von der Frequenzzeigergenauigkeit abhängt. Da bei einem eingeschalteten Meßbereich desselben von 1 kHz und einem Δf_1 von 268 Hz etwa mit einem Fehler von 1 % v. E. zu rechnen ist, ist dieses Meßergebnis auf etwa 10 Hz genau bekannt. Damit ist die gemessene Differenzfrequenz

$$\Delta f_x = \frac{268 \pm 10 \text{ Hz}}{30} = 8,9 \pm 0,3 \text{ Hz}$$

Man sieht, daß sich für diesen Sonderfall (kleine Quarzabweichung) die Meßgenauigkeit noch durch Verwendung des nächst kleineren Meßbereiches am Frequenzzeiger auf das 2- bis 3fache steigern läßt.

2) An einem Oszillator mit $f = 2120$ kHz soll der Heizspannungseinfluß auf die Schwingfrequenz untersucht werden.

Hierzu betreibt man den zu untersuchenden Oszillator zunächst mit einer mittleren Heizspannung und führt die normale f_x -Messung durch. Hierauf ist es zweckmäßig, den Eingangskoppler zwecks Erzielung eines größeren Mitnahmebereiches noch etwas aufzudrehen. Durch probeweises Verändern der Heizspannung kann man sich dann von einem ausreichenden Mitnahmebereich überzeugen. Nachdem man bei der anschließenden Feinmessung links aus der Schwebungslücke herausgegangen ist, wird man einen Frequenzzeigerbereich

einschalten, der bei Verändern der Heizspannung in den zu untersuchenden Grenzen eine möglichst große, aber den Meßbereich nicht überschreitende Anzeigeänderung der Schwebungsfrequenz zur Folge hat. In unserem Beispiel sei Δf_1 für eine Heizspannungsänderung zwischen 5 und 7 Volt = 270 Hz. Hierfür würde am Frequenzzeiger FTK der 300 Hz-Bereich ausreichen. Um jedoch bei der Messung die tiefen Interferenzöne mit ihrer unsicheren Anzeige zu vermeiden, benutzt man besser den 1000 Hz-Bereich. Die Messung und ihre Auswertung sieht dann zum Beispiel etwa folgendermaßen aus:

UH	5,1	5,7	6,3	6,9	Volt
f_1	720	670	590	530	Hz
Δf_1 gegen f_1 für 6,3 Volt	-130	-80	0	+60	Hz
H nach Grobmesserskala für 2120 kHz	$\frac{2}{3}$				
h_G	3				
$\Delta f_x = \frac{\Delta f_1}{h_G}$	-43	-26,6	0	20	Hz
$\frac{\Delta f_x}{f_x}$	-20,3	-12,5	0	9,4	$\cdot 10^{-6}$

Da hier am Frequenzzeiger der 1 kHz-Bereich eingeschaltet wurde, ist etwa mit einer Unsicherheit von ± 10 Hz für Δf_1 (= 1 % vom Vollausschlag) zu rechnen. Durch die Genauigkeit der Frequenzzeigerablesung ist Δf_x daher um $\frac{10}{3} \approx 3,3$ Hz absolut unsicher; die zugehörige relative Unsicherheit beträgt daher etwa $1,5 \cdot 10^{-6}$. Ein ähnlicher Fehler ist zusätzlich noch durch die geringe Feinmesserkonstanz zu erwarten. Durch mehrmaliges Wiederholen der Meßreihe und Mittelwertbildung kann man den letzteren Fehler noch verringern und auf Grund der Reproduzierbarkeit der Meßergebnisse auch etwa abschätzen.

4.11 Kontrolle und Nacheichung des Feinmessers durch Frequenzvergleich mit dem Harmonischenspektrum der eingebauten Normalfrequenzstufe

Zur Kontrolle der Feinmessereichung wird am Betriebsartenschalter auf Stellung III (Feinmesser + 100 kHz-Quarz) geschaltet. Beim Durchdrehen des

Feinmessers erhält man dann bei allen 100 kHz-Vielfachen Interferenzöne zwischen der Feinmesserfrequenz und diesen Quarzoberwellen. Außerdem treten etwas schwächere Kontrollpunkte auch in 50 und $33\frac{1}{3}$ kHz Abstand auf. Erscheinen die Schwebungslücken dieser Prüffrequenzen nicht an der richtigen Stelle der Skala (nach Röhrenwechsel, längerem Betrieb, starken Außentemperaturänderungen), so können sie mit dem Korrekturtrimmer rechts neben der Abstimmkurbel („Feinmesser-Nachstimmung“) auf den richtigen Skalenswert verlegt werden. Eine unbeabsichtigte Verstellung ist durch die Trimmerfeststellung zu vermeiden. Diese Prüfung empfiehlt sich für besonders sorgfältige Messungen, wobei es natürlich genügt, im verwendeten Feinmesserbereich den nächstgelegenen Prüfpunkt zu kontrollieren.

Der Gesamtvorgang ist dann so, daß zunächst f_x mit dem Grobmesser bestimmt wird. Damit ist der verwendete Feinmesserbereich gegeben. Nach überschlägiger Kenntnis der bei der Messung verwendeten Abstimmsstelle für den Feinmesser korrigiert man dann eventuell dort den Feinmesser mit der Nacheichung und führt die Feinmessung dann wie früher beschrieben aus.

4.12 Benutzung des WIP als Meßgenerator durch Auskoppeln der Grobmesserfrequenz

Bei Abgleich-, Prüf- und Eicharbeiten an Empfängern, sowie bei vielen Hochfrequenzmessungen benötigt man einen veränderlichen Meßgenerator. Infolge seines großen Frequenzbereiches von 50 kHz ... 30 MHz, seiner feinen Verstellbarkeit, seiner guten Konstanz und der genauen Bestimmbarkeit der ausgekoppelten Frequenz ist der Frequenzmesser WIP durch Auskoppeln seiner Grobmesserfrequenz hierzu gut geeignet. Die Ausgangsspannung, die an 1 k Ω Innenwiderstand zur Verfügung steht, beträgt in den unteren Frequenzbereichen etwa 1 Volt und sinkt für die höchste Frequenz auf etwa 300 mV ab.

Da diese Ausgangsspannung eigen- und fremdmodulierbar ist, können auch Untersuchungen an Telefonieempfängern durchgeführt werden. Die Eigenmodulation mit rd. 1 kHz beträgt rd. 30 % und wird durch den Schalter „Eigenmodulation“ eingeschaltet. Den Buchsen „Fremdmodulation“ müssen für 30 % Modulationsgrad etwa 30 Volt Modulationsspannung zugeführt werden.

Die Grobmesserfrequenz steht in den Betriebsartenschalterstellungen I, II und IV an der Buchse „Auskopplung“ zur Verfügung.

Soll der Grobmesser mit Feinmessergenauigkeit ausgekoppelt werden, so ist in Betriebsart II nach Punkt 4.121 zu verfahren. In Betriebsart IV ist der Grobmesser mit Quarzgenauigkeit auskoppelbar, wie unter Punkt 4.122 näher ausgeführt. Soll die ausgekoppelte Grobmesserfrequenz durch eine Eingangsfrequenz mitgenommen werden, so wählt man zweckmäßig Betriebsart I. Bei Mitnahme des Grobmessers durch die f_x -Frequenz kann der WIP dann also auch als Begrenzungsverstärker benutzt werden. Bei genügender Eingangsspannung kann durch Abstimmung des Grobmessers in den Mitnahmebereich einer f_x -Harmonischen dabei auch eine Frequenzvervielfachung vorgenommen werden. Bei sehr großen Eingangsspannungen ist auch eine Frequenzteilung bis 3:1 möglich.

4.121 Auskoppeln der Grobmesserfrequenz mit Feinmessergenauigkeit

Für den Fall, daß eine ausgekoppelte Grobmesserfrequenz nachträglich genau bestimmt werden soll, ist wie bei Feinmessungen, also nach Punkt 4.08, zu verfahren. Dieser Fall kommt zum Beispiel bei der Messung von Durchlaßfrequenzen von Empfängern oder Filtern vor. An Hand der Ausgangsspannungsmessung hinter denselben wird der als Meßgenerator dienende Grobmesser auf die Grenzfrequenzen eingestellt und dessen Frequenz dann durch eine Feinmessung genauer bestimmt. Bei sehr schmalen Durchlaßbreiten, wie sie zum Beispiel bei der Messung von Quarzen zu bestimmen sind, können diese auch durch eine Ver Stimmungsmessung nach Punkt 4.10 bestimmt werden.

Soll jedoch eine bestimmte Grobmesserfrequenz f_{soil} mit Feinmessergenauigkeit ausgekoppelt werden, so geschieht das durch Schwebungslückeneinstellung des Grobmessers mit einer berechneten Feinmesserfrequenz f'_F . Hierzu wird zunächst an der Grobmesserskala die gewünschte Frequenz eingestellt und mit Hilfe des dort stehenden Harmonischenfaktors H (siehe 4.05 und 4.086) f'_F ausgerechnet.

$$f'_F = \frac{f_{\text{soil}}}{H}$$

Durch geringfügiges Verstimmen an der Grobmesserabstimmung wird nunmehr in Betriebsart II (Grobmesser + Feinmesser) auf Schwebungslücke mit f'_F abgestimmt, womit die ausgekoppelte Frequenz Feinmessergenauigkeit besitzt. Da eine Mitnahme des Grobmessers durch den Feinmesser nicht erfolgt, ist durch Kontrolle der Schwebungsanzeige und gelegentliches Nachstellen der

Grobmesserabstimmung bei längeren Messungen dafür zu sorgen, daß der Grobmesser auf der Sollfrequenz bleibt, wobei selbstverständlich am Feinmesser nichts verstellt werden darf.

Die Berechnung der genauen Feinmessereinstellung sei nochmals an folgenden Beispielen erläutert:

1) $f_{\text{soll}} = 58,723 \text{ kHz}$

Harmonischenfaktor nach Grobmesserskala $H = \frac{1}{50}$

$$f_F = \frac{f_{\text{soll}}}{H} = \frac{58,723}{1/50} = 2936,15 \text{ kHz}$$

2) $f_{\text{soll}} = 2,200 \text{ MHz}$

$H = 2/3$

$$f_F = \frac{f_{\text{soll}}}{H} = \frac{2200}{2/3} = 3300,0 \text{ kHz}$$

3) $f_{\text{soll}} = 7,5000 \text{ MHz}$

nach Grobmesserskala wechselt bei dieser Frequenz H gerade von 2 nach 3, es können daher die beiden Feinmessereinstellungen

a) $f_F = \frac{75000}{2} = 3750,0 \text{ kHz}$ und

b) $f_F = \frac{75000}{3} = 2500,0 \text{ kHz}$

benutzt werden.

4.122 Auskoppeln der Grobmesserfrequenz auf 100 kHz Vielfachen mit Quarzgenauigkeit

Hierzu wird der Betriebsartenschalter auf Stellung IV (Grobmesser + 100 kHz-Quarz) geschaltet. Beim Durchdrehen des Grobmessers ergeben sich dann in den ersten 4 Grobmesserbereichen auf 100 kHz-Vielfachen der Quarzstufe Interferenzen mit der Grobmesserfrequenz. Außerdem entstehen noch einige Interferenzpfeife bei gebrochenen 100 kHz-Vielfachen mit kleinen ganzen Zahlen, z. B.

$$1/2 \cdot 100 \text{ kHz} = 50 \text{ kHz}$$

$$2/3 \cdot 100 \text{ kHz} = 66\frac{2}{3} \text{ kHz}$$

$$3/4 \cdot 100 \text{ kHz} = 75 \text{ kHz}$$

$$3/2 \cdot 100 \text{ kHz} = 150 \text{ kHz}$$

die volle Genauigkeit des Gerätes. Da die hier beschriebenen Kontrollen nur gelegentlich in Frage kommen, ist das folgende für die normale Bedienung ohne Bedeutung.

5.1 Kontrolle der Grobmessereichung

Da die Grobmesserskalengenauigkeit nicht in das Meßergebnis der Feinmessungen eingeht, ist es unbedenklich, wenn sie sich innerhalb der Fehlergrenzen bewegt. Bei Einhaltung derselben ist auch für den kritischsten Fall, der Messung einer Frequenz in der Nähe von 50 kHz, keine Verwechslung der Oberwellen möglich. Für alle anderen Frequenzen dürfte die Grobmessergenauigkeit noch schlechter sein, so genügt bereits für 100 kHz eine Genauigkeit von $\pm 1,6\%$, um eindeutige Messungen sicherzustellen. Obwohl es also im allgemeinen für Messungen mit dem WIP nicht so sehr auf die Grobmessergenauigkeit ankommt, ist es doch sehr vorteilhaft, sich jederzeit schnell davon überzeugen zu können, wie genau die Grobmesserskala stimmt, insbesondere wenn man mit dem Grobmesser allein messen will. Die Eichkontrolle des Grobmessers geschieht in den Bereichen 1...4 durch Grobmesser-Quarz-Vergleich in Betriebsart IV nach Punkt 4.122. Nachdem der Grobmesser mit den Quarzharmonischen zur Schwebungslücke gebracht worden ist, kann man an der Skala unmittelbar den Grobmesserfehler erkennen. In den Grobmesserbereichen 5 und 6 wird zur Eichkontrolle in Betriebsart II ein Grobmesser-Feinmesser-Vergleich nach Punkt 4.08 benutzt. Durch Einstellen des Feinmessers auf einen runden Frequenzwert ist auch hier eine schnelle Eichkontrolle auf den Feinmesserharmonischen möglich.

Der Grobmesser kann nur nach dem Öffnen des Gerätes durch Verstellen der Spulenkerns nachgestellt werden.

5.2 Kontrolle und Nachstellung des Feinmesserskalenverlaufes

Die betriebsmäßige Nacheichung des Feinmessers erfolgt nach Punkt 4.11. Sollten jedoch nach so erfolgter Feinmessernacheichung an einem Bereichende die Quarzkontrollpunkte am anderen Ende dieser Feinmesserbereiche nicht mit der Skala übereinstimmen, so hat sich das Variationsverhältnis der Bereiche verändert. Da der Feinmesserdröhkondensator eine durch Trimmer veränderliche Serien- und Parallelkapazität besitzt, ist es durch gleichzeitiges

Alle diese Frequenzen lassen sich mit Quarzgenauigkeit auskoppeln, indem man die Grobmesserfrequenz mit diesen Quarzharmonischen zur Schwebungslücke bringt. Da die Quarzstufe an den Grobmesserschwingkreis angekoppelt ist, wird die Grobmesserfrequenz auf den untersten Quarzharmonischen kräftig von diesen mitgenommen. Für höhere Frequenzen wird die Mitnahme schwächer. Bis etwa 1,6 MHz reicht sie aus, um den Grobmesser eine Zeitlang mit der Quarzfrequenz in Tritt zu halten, was man an dem bleibenden Nullausschlag der „Schwebungsanzeige“ erkennt. Andernfalls ist durch gelegentliche Nachstimmung des Grobmessers in die Schwebungslücke für Frequenzgleichheit zwischen Grobmesserfrequenz und den Quarzharmonischen zu sorgen.

4.13 Auskoppeln von 100 kHz-Vielfachen als Frequenzspektrum aus der Quarzstufe

Diese Betriebsart ist besonders zur Eichung und Eichkontrolle von Empfängern geeignet, da während des Meßvorgangs keine Verstellungen am Frequenzmesser WIP vorgenommen zu werden brauchen.

Nachdem der Betriebsartenschalter auf Stellung V „Quarzspektrum“ geschaltet worden ist, können der Buchse „Quarzspektrum“ alle 100 kHz-Vielfache bis etwa 15 MHz an 300 Ohm entnommen werden, wobei für die Ausgangsspannungen etwa folgende Richtwerte gelten:

100 kHz ... 5 MHz	10 ... 2 mV
5 MHz ... 10 MHz	2 ... 0,5 mV
10 MHz ... 15 MHz	0,5 ... 0,1 mV

Diese Quarzharmonischen sind fremd- und eigenmodulierbar. Für Eigenmodulation wird der Schalter „Eigenmodulation“ eingeschaltet; dabei beträgt der Modulationsgrad rd. 30 % bei einer Modulationsfrequenz von 1000 Hz. Für 30 % Fremdmodulation sind den Buchsen „Fremdmodulation“ etwa 4 Volt zuzuführen.

5 Kontrollen und Nachstellungen am Frequenzmesser WIP

Im nachfolgenden sind einige Möglichkeiten beschrieben, um die Genauigkeit des WIP jederzeit nachprüfen oder gegebenenfalls wiederherstellen zu können. Hierdurch hat man auch nach längerer Verwendungszeit die Gewähr für

Verdrehen beider Trimmer möglich, auch solche Variationsänderungen wieder auszugleichen. Da sich ein solcher Nachgleich in allen Bereichen gleichmäßig auswirkt, empfiehlt sich diese Nachstellung nur dann, wenn die Fehler in allen Bereichen ähnlich sind. Dagegen lassen sich Abweichungen der Frequenz-eichung in Einzelbereichen nur dadurch ausgleichen, daß man den Feinmesser auf dem der benötigten Frequenz nächstliegenden Quarzkontrollpunkt nach Punkt 4.11 nacheicht.

Zur Nacheichung benützt man am besten den Bereich G, da in ihm ziemlich am Anfang und ziemlich am Ende der Skala ein 50-kHz- bzw. 100-kHz-Quarzkontrollpunkt zur Verfügung steht.

Der Variationsnachgleich erfolgt dann wie nachstehend:

5.21 Feinmessernachstellung durch Quarzvergleich am Anfang des Feinmesserbereiches mit Hilfe der „Feinmesser-Nacheichung“ bei 3400 kHz.

5.22 Aufsuchen des Quarzkontrollpunktes 3550 kHz am Ende des Bereiches. Einstellen der Schwebungslücke mit Hilfe der Feinmesserabstimmung und Ablesung der Gradzahl α_1 am Kurbelskalenring.

5.23 Verstellen der Feinmesserabstimmung ausschließlich an Hand der Skala genau auf den (nahe benachbart liegenden) 3550 kHz-Teilstrich und Ablesen der neuen Gradzahl α_2 am Kurbelskalenring.

5.24 Feststellung des Teilstrichunterschiedes zwischen den Ablesungen nach 5.23 und 5.22. Ermittlung des Variationsfehlers:

$$v = (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot 5 \cdot 10^{-5} = \Delta \alpha \cdot 5 \cdot 10^{-5}$$

5.25 Verstellen der „Feinmesser-Nacheichung“ um β -Teilstriche für $+\beta$ nach rechts, für $-\beta$ nach links. $\beta = \frac{v}{3,5}$, wobei v in 10^{-5} Einheiten einzusetzen ist.

5.26 Bei Einstellung entsprechend 5.23 und 5.25 wird nach Lösen der Abdeckschraube für den Trimmer zur Variationsnachstellung (die sich an der Rückseite des Gerätes hinter dem Feinmesserteil befindet) durch Verdrehen des mit einem Schraubenzieher zugänglichen Trimmers C_{30} die Feinmesserfrequenz wieder mit dem Kontrollquarz zur Schwebungslücke gebracht. Für $+\beta$ -Werte

erfolgt dies durch Rechtsdrehung. Zum leichteren Finden des Trimmerschlitzes empfiehlt es sich, das abnehmbare Rückblech des WIP abzuschrauben. Siehe auch Punkt 4.03.

5.27 Nach neuerlicher Variationskontrolle kann gegebenenfalls durch Wiederholung des Verfahrens eine noch bessere Variationskorrektur erfolgen.

5.3 Kontrolle und Nachstellung der Quarzstufe mit Normalfrequenz

Obwohl die Quarzstufe des Frequenzmessers WIP im allgemeinen jahrelang ihre Frequenz innerhalb der angegebenen Genauigkeitsgrenzen einhalten wird, ist es doch sehr vorteilhaft, daß ihre Frequenz jederzeit mit einfachen Mitteln nachprüfbar ist. Hierzu benötigt man eine Normalfrequenz höherer Genauigkeit, wie sie zum Beispiel in unseren Normalfrequenzanlagen zur Verfügung steht. Außerdem ist hierzu der Vergleich mit der Frequenz einer Sendestation geeignet, wenn diese mit bekannter und ausreichender Genauigkeit auf einer Frequenz arbeitet, die ein ganzzahliges Vielfaches von 100 kHz ist. Geeignete Sender sind hierfür zur Zeit der Rundfunksender der BBC auf $200 \text{ kHz} \pm 1 \cdot 10^{-7}$ sowie die Sender WWV mit einer eingehaltenen Genauigkeit von $2 \cdot 10^{-8}$ auf 5 MHz, 10 MHz und 15 MHz.

Soll die Quarzfrequenz des Frequenzmessers WIP nachgestellt werden, so ist dazu der Quarznachstelltrimmer C_{41} zu bedienen. Dieser ist nach Lösen einer hinter dem Grobmesserteil an der Rückwand des Fußgehäuses befindlichen Abdeckschraube mit einem Schraubenzieher bedienbar. Die Einstellung wird zweckmäßig am warmen Gerät vorgenommen. Die Endtemperatur im Gerät ist nach 2 Stunden fast erreicht. Zur Frequenzkontrolle und Nachstellung bestehen im einzelnen folgende Möglichkeiten:

5.31 Quarzkontrolle mit 100 kHz Normalfrequenz

Die benötigte Normalfrequenzspannung beträgt mindestens 20 mV. Zur Messung gibt man die Normalfrequenz auf die Eingangsbuchse und dreht den Eingangskoppler „Empfindlichkeit“ wie bei einer f_x -Messung gerade so weit auf, daß der Zeiger des Instrumentes „Eingangsspannungskontrolle“ einen kleinen Ausschlag zeigt. Man stimmt dann in Betriebsart I (Einkopplung + Grobmesser) den Grobmesser bei 100 kHz auf einen möglichst tiefen, aber

50

Analog ist auch ein Frequenzvergleich mit anderen Normalfrequenzen möglich, wenn deren Frequenz ein ganzzahliger Bruchteil von 100 kHz ist. Die Vergleichsfrequenz, auf der dann der Frequenzvergleich stattfindet, ist immer 100 kHz, auf die der Grobmesser abgestimmt wird. Eine Schwebung pro Sekunde, also 1 Hz, entspricht dann jeweils einer Frequenzabweichung von $1 \cdot 10^{-5}$ der Quarzstufe.

5.34 Kontrolle der Quarzstufe nach Sendestationen mit genauer Frequenz auf einem 100 kHz-Vielfachen

Zu dieser Messung empfängt man den betreffenden Sender mit einem geeigneten Empfänger. Außerdem entnimmt man in Betriebsart V (Quarzspektrum) dem Frequenzmesser WIP aus der „Quarzspektrum“-Buchse die 100 kHz-Oberwellen und führt diese über eine veränderliche Ankopplung (zum Beispiel durch Abstrahlung eines Drahtstückes) dem Empfängereingang zusätzlich zu. Auf diesen gelangen dann die Senderfrequenz f_s sowie auch die benachbarte Quarzoberwelle $n \cdot f_Q$. Infolge Gleichrichtung entsteht dann im Empfänger die Frequenz $\Delta f = f_s - n \cdot f_Q$. Bei etwa gleicher Amplitude von f_s und $n \cdot f_Q$ ist diese Schwebung am kräftigsten ausgeprägt. Um diesen Zustand zu erreichen, muß man die Ankopplung des Quarzspektrums in geeigneter Weise verändern (Abstand oder Länge obengenannten Drahtstückes ändern). Bei Sendern mit hoher Trägerfrequenz f_s (z. B. 10 MHz) ist die Differenzfrequenz $\Delta f = f_s - n \cdot f_Q$ auch bei verhältnismäßig kleinen Abweichungen schon direkt hörbar. Sonst muß man sich des Verfahrens der doppelten Schwebung bedienen. Hierzu soll entweder der Sender mit einem Meßton moduliert sein, oder man benutzt einen Telegraphieempfänger mit zweifem Überlagerer, mit dem man dann einen Interferenztoneinstellt. Bei diesem Verfahren schwebt dann die Modulation des Senders oder der durch den zweiten Überlagerer erzeugte Interferenztone im Takte der Frequenz $\Delta f = f_s - n \cdot f_Q$. Die Quarznachstellung erfolgt dann wieder durch Einregeln des Quarztrimmers auf eine möglichst große Schwebungsdauer. Da dieser Frequenzvergleich auf der Senderfrequenz stattfindet, wobei $f_s = n \cdot f_Q$ ist, ist auch die Schwebungsfrequenz n -mal höher als beim direkten 100 kHz-Vergleich. So entspricht z. B. auf 200 kHz ein Δf von 1 Hz einer relativen Frequenzabweichung von $0,5 \cdot 10^{-5}$ der Quarzstufe. Bei $f_s = 5 \text{ MHz}$ finden bei derselben Quarzabweichung aber bereits 25 Schwebungen pro Sekunde statt.

52

gerade noch gut hörbaren Interferenztone zwischen Normal- und Grobmessersfrequenz ab. Hierauf geht man auf Betriebsart IV (Grobmesser + 100 kHz Quarz); man wird dann in einem angeschlossenen Kopfhörer die Amplitude des anfänglich eingestellten Interferenztone im Takt der Differenzfrequenz zwischen Normalfrequenz und Quarzfrequenz schweben hören. Meistens kann man dann durch geringfügiges Verstellen der Grobmesserabstimmung diese Schwebung noch deutlicher hörbar machen. Dabei ergibt sich ein im Takt der Differenzfrequenz ein- und aussetzendes Knurrgeräusch, auf das auch die Schwebungsanzeige mit periodischen Ausschlägen anspricht. Eine Schwebung pro Sekunde entspricht dabei einem Fehler der Quarzstufe von $1 \cdot 10^{-5}$. Erfolgen die Schwebungen wesentlich schneller, so empfiehlt sich eine Nachstellung der Quarzstufe; man braucht hierzu nur den oben erwähnten Quarztrimmer auf eine möglichst lange Schwebungsdauer einzustellen.

5.32 Quarzkontrolle mit einer Normalfrequenz, die ein Vielfaches von 100 kHz im Bereich bis etwa 1 MHz ist.

Diese Kontrolle erfolgt analog Punkt 5.31, wobei der Grobmesser auf die Normalfrequenz abzustimmen ist. Da der Frequenzvergleich hier auf der hohen Normalfrequenz stattfindet, ist auch die Schwebungsfrequenz um das 100 kHz-Vielfache höher. Soll z. B. bei Benutzung von 1 MHz Normalfrequenz die Quarzstufe auf 0,2 Hz genau abgestimmt werden, so dürfen in der Sekunde noch 2 Schwebungen zu hören sein.

5.33 Quarzkontrolle mit 10 kHz Normalfrequenz

Benötigte Eingangsspannung etwa 10 Volt. Durch Übersteuerung wirkt der Eingangsverstärker des WIP hierbei als Verzerrer. Der eigentliche Frequenzvergleich findet dann auf 100 kHz, so wie unter Punkt 5.31 beschrieben, statt. Nur schlägt bei der hier benötigten großen Eingangsspannung der Zeiger des Instrumentes „Kontrolle der Eingangsspannung“ bis an den Anschlag aus, was dem Instrument jedoch nicht schadet. Die günstigste Stellung des Eingangskopplers findet man hier am besten dadurch, daß man bei Abstimmung des Grobmessers auf etwa 100 kHz die Maximallautstärke des Interferenzpiffes mit der Normalfrequenz so groß erwählt, daß der Zeiger der Schwebungsanzeige etwa 60...70 % vom Vollauschlag zeigt. Hierauf geht man auf einen tiefen Interferenztone und verfährt weiter wie unter Punkt 5.31.

51

Ist der Sender jedoch nicht meßtonmoduliert und steht auch kein Empfänger mit zweitem Überlagerer zur Verfügung (auch Fremdüberlagerung ist geeignet), so kann man auch die Eigenmodulation der WIP-Quarzstufe benutzen, wobei die erzielbare Genauigkeit jedoch etwas geringer ist, da sich die Frequenz der Quarzstufe bei Modulation um einige Zehntel Hertz verschiebt.

6 Röhrenwechsel

6.1 Sämtliche Röhren sind nach Öffnen des an der Rückwand des WIP befindlichen abschraubbaren Deckels gegen solche der gleichen Type auswechselbar. Die räumliche Anordnung der einzelnen Röhren geht aus dem Bild zu Punkt 4.03 hervor.

6.2 Eine Änderung der Feinmessereiche bei Röhrenwechsel kann nach Punkt 4.11 voll korrigiert werden. Die Frequenzänderungen für Grobmesser und Quarzstufe sind bei Röhrenwechsel vernachlässigbar, da sie weit unter den Genauigkeitsgrenzen liegen.

6.3 Um bei auftretenden Fehlern erkennen zu können, welche Röhre zu wechseln ist, folgt eine kleine Fehlerzusammenstellung, aus der hervorgeht, in welcher Stufe ein Fehler liegen kann. Hierbei ist in keinem Fall an den Eingang eine f_x -Frequenz zu legen.

53

Fehler	Mögliche Fehlerursache
6.301 Instrumente „Kontrolle der Eingangsspannung“ und „Schwebungs-Anzeige“ sprechen nicht an und Anzeigeglimmlampe leuchtet nicht	Netzsicherung durchgebrannt (siehe 4.01) oder Gleichrichterröhre (Rö 12, AZ 11) defekt
6.302 Instrument „Kontrolle der Eingangsspannung“ läßt sich in Betriebsart I, II oder IV nicht auf 0 regeln	Fehler an Eingangsverstärker (Rö 1), EF 12)
6.303 In Betriebsarten I, II und IV keine Schwebungsanzeige	Fehler an Grobmesser (Rö 2, EF 12)
6.304 In Betriebsart III und II in allen Grobmesserbereichen keine „Schwebungs-anzeige“	Fehler an Feinmesser (Rö 5, EF 12), Trennstufe (Rö 8, EF 12) oder Diode der Rö 6 (EBF 11 wechseln)
6.305 In Betriebsart III keine, in Betriebsart II nur in den Grobmesserbereichen 1...3 normale, in Bereich 4 teilweise, in Bereich 5 und 6 keine Schwebungsanzeige	Fehler an Feinmesserverzerrer (Rö 9, EF 12)
6.306 In Betriebsart III und IV keine Schwebungsanzeige, Ausgangsspannung der Buchse „Quarzspektrum“ fehlt	Fehler an der Quarzstufe (Rö 4, EF 12)
6.307 In Betriebsart II in Grobmesserbereichen 1, 2 und 3 keine, in 4 nur teilweise Schwebungsanzeige	Fehler an 1. Grobmesserverzerrerstufe (Rö 6, EBF 11)
6.308 In Betriebsart II in Grobmesserbereichen 1 und 2 keine oder zu geringe Schwebungsanzeige	Fehler an 2. Grobmesserverzerrerstufe (Rö 7, EF 12)
6.309 Keine Ausgangsspannung an Buchse „Auskopplung“, obwohl Grobmesser nach 6.303 in Ordnung	Fehler an Auskoppelstufe (Rö 3, EF 12)

Fehler	Mögliche Fehlerursache
6.310 Ausgangsspannungen bei Einschalten des Schalters „Eigenmodulation“ nicht moduliert und dabei kein Ruheauschlag des Instrumentes „Schwebungsanzeige“	Fehler an Auskoppelstufe (Rö 3, EF 12)
6.311 Obwohl Ausgangsspannungen der Buchse „Auskopplung“ und „Quarzspektrum“ vorhanden, keine Schwebungsanzeige möglich	Fehler an Niederfrequenzverstärker (Rö 10 und 11, 2 EF 12)
6.312 Dauernder Störausschlag des Instrumentes „Schwebungs-Anzeige“ und Rauschen im Kopfhörer	Stabilisator (Rö 13, StV 150/20) defekt

7 Schalteilliste

(Kennzeichen nach Stromlauf)

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
C1	Rohrkondensator	250 pF	CC 250
C2	Rohrkondensator	250 pF	CC 250
C3	Papier-Rollkondens.	10 000 pF/500 V	CRF 10 000/500
C4	Papier-Rollkondens.	10 000 pF/500 V	CRF 10 000/500
C5	Rohrkondensator	10 pF	CC 10
C6	Drehkondensator		CD 1636/25
C7	Rohrkondensator	12 pF	CC 12
C8	Perlkondensator	2 pF	CC 2
C9	Papier-Rollkondens.	50 000 pF/500 V	CRF 50 000/500
C10	Papier-Rollkondens.	1000 pF/500 V	CRF 1000/500
C11	Kf-Kondensator		CK ...
C12	Perlkondensator	2 pF	CC 2
C13	Rohrkondensator	400 pF	CC 400
C14	Kf-Kondensator	≈ 10 pF	CK ...
C15	Rohrkondensator	250 pF	CC 250
C16	Kf-Kondensator	≈ 12 pF	CK ...
C17	Rohrkondensator	10 pF	CC 10
C18	Rohrkondensator	100 pF	CC 100
C19	Kf-Kondensator	≈ 5 pF	CK ...
C20	Kf-Kondensator	≈ 5 pF	CK ...
C21	Rohrkondensator	160 pF	CT 160
C22	Rohrkondensator	100 pF	CT 100
C23	Perlkondensator	3 pF	CC 3
C25	Papier-Rollkondens.	5000 pF/500 V	CRF 5000/500
C26	Papier-Rollkondens.	25 000 pF/500 V	CRF 25 000/500
C27	Papier-Rollkondens.	50 000 pF/500 V	CRF 50 000/500
C28	Rohrkondensator	160 pF	CC 160
C29	Papier-Rollkondens.	25 000 pF/250 V	CRF 25 000/250

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
C30	MP-Rundkondensator	4 µF/500 V	CMR 4/500
C31	Papier-Rollkondens.	50 000 pF/500 V	CRF 50 000/500
C32	Papier-Rollkondens.	50 000 pF/500 V	CRF 50 000/500
C33	MP-Rundkondensator	0,5 µF/500 V	CMR 0,5/500
C34	Papier-Rollkondens.	10 000 pF/500 V	CRF 10 000/500
C35	Papier-Rollkondens.	50 000 pF/500 V	CRF 50 000/500
C38	Kf-Kondensator	16 pF	CK 16
C39	Kf-Kondensator	16 pF	CK 16
C40	Rohrkondensator	16 pF	CC 16
C41	Scheibentrimmer	4 ... 20 pF	CV 921
C42	Rohrkondensator	250 pF	CC 250
C43	Rohrkondensator	250 pF	CC 250
C44	Scheibentrimmer	5 ... 30 pF	CV 931
C45	Papier-Rollkondens.	50 000 pF/500 V	CRF 50 000/500
C48	Papier-Rollkondens.	100 000 pF/500 V	CRF 100 000/500
C49	Rohrkondensator	850 pF ± 2 %	CT 850 HK ± 2 %
C49	Rohrkondensator	50 pF ± 5 %	CT 50 HK ± 5 %
C49	Rohrkondensator	20 pF ± 5 %	CT 20 HK ± 5 %
C49	Rohrkondensator	50 pF ± 5 %	CC 50 HK ± 5 %
C50	Scheibentrimmer	2 ... 7,5 pF	CV 911
C51	Rohrkondensator	6 pF	CT 6
C52	Rohrkondensator	236 pF ± 2 %	CT 236 HK ± 2 %
C52	Rohrkondensator	236 pF ± 2 %	CT 236 HK ± 2 %
C52	Rohrkondensator	100 pF ± 2 %	CT 100 HK ± 2 %
C52	Rohrkondensator	16 pF ± 5 %	CT 16 HK ± 5 %
C52	Rohrkondensator	10 pF ± 5 %	CT 10 HK ± 5 %
C53	Drehkondensator	20 ... 175 pF	F 44-3.3
C54	Nachstimmkondens.	1 ... 5 pF	
C55	Rohrkondensator	16 pF	CT 16
C56	Papier-Rollkondens.	10 000 pF/500 V	CRF 10 000/500
C59	Rohrkondensator	10 pF	CC 10
C60	Papier-Rollkondens.	10 000 pF/500 V	CRF 10 000/250
C61	Rohrkondensator	250 pF	CC 250

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
C 62	Papier-Rollkondens.	25 000 pF/500 V	CRF 25 000/500
C 63	KF-Kondensator	400 pF	CK 400
C 64	Papier-Rollkondens.	25 000 pF/500 V	CRF 25 000/500
C 65	Rohrkondensator	16 pF	CC 16
C 66	Rohrkondensator	80 pF	CC 80
C 67	KF-Kondensator	16 pF	CK 16
C 68	KF-Kondensator	5 pF	CK 5
C 69	Scheibentrimmer	4,5 ... 20 pF	CV 921
C 70	Scheibentrimmer	4,5 ... 20 pF	CV 921
C 71	Papier-Rollkondens.	0,1 µF/500 V	CRF 100 000/500
C 72	Papier-Rollkondens.	25 000 pF/250 V	CRF 25 000/250
C 73	Papier-Rollkondens.	25 000 pF/250 V	CRF 25 000/250
—			
C 76	Rohrkondensator	16 pF	CC 16
C 77	Papier-Rollkondens.	25 000 pF/250 V	CRF 25 000/250
C 78	Papier-Rollkondens.	10 000 pF/500 V	CRF 10 000/500
C 79	Scheibentrimmer	2 ... 7,5 pF	CV 911
C 80	Rohrkondensator	60 pF	CC 60
C 81	Papier-Rollkondens.	10 000 pF/500 V	CRF 10 000/500
C 82	Rohrkondensator	80 pF	CC 80
C 83	Rohrkondensator	5 pF	CC 5
C 84	Rohrkondensator	30 pF	CC 30
—			
C 86	Papier-Rollkondens.	2500 pF/500 V	CRF 2500/500
C 87	Papier-Rollkondens.	1000 pF/500 V	CRF 1000/500
C 88	Papier-Rollkondens.	1000 pF/500 V	CRF 1000/500
C 89	Rohrkondensator	250 pF	CC 250
C 90	Rohrkondensator	600 pF	CC 600
C 91	Rohrkondensator	250 pF	CC 250
C 92	Papier-Rollkondens.	0,1 µF/250 V	CRF 100 000/250
C 93	Papier-Rollkondens.	0,1 µF/500 V	CRF 100 000/500
C 94	Papier-Rollkondens.	25 000 pF/500 V	CRF 25 000/500
C 95	MP-Rundkondensator	0,5 µF/500 V	CMR 0,5/500

58

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
C 96	Papier-Rollkondens.	0,1 µF/500 V	CRF 100 000/500
C 97	Rundkondensator	1 µF/250 V	CRM 1/250
C 98	Papier-Rollkondens.	0,1 µF/500 V	CRF 100 000/500
C 99	MP-Rundkondensator	4 µF/350 V	CMR 4/350
C 100	MP-Rundkondensator	0,5 µF/500 V	CMR 0,5/500
C 101	MP-Rundkondensator	8 µF/350 V	CMR 8/350
C 102	Papier-Rollkondens.	0,1 µF/500 V	CRF 100 000/500
C 103	MP-Rundkondensator	8 µF/350 V	CMR 8/350
C 104	MP-Rundkondensator	8 µF/350 V	CMR 8/350
C 105	Rohrkondensator	10 pF	CC 10
C 106	Rohrkondensator	16 pF	CC 16
C 107	Rohrkondensator	40 pF	CC 40
C 108	Rohrkondensator	6 pF	CC 6
C 109	Rohrkondensator	10 pF	CC 10
C 110	Rohrkondensator	40 pF	CC 40
C 111	Rohrkondensator	160 pF	CC 160
C 112	Kf-Kondensator	500 pF	CK 500
—			
G 11	Mefgleichrichter		GL 042
G 12	Mefgleichrichter		GL 018
G 13	Kristall-Diode		GK 2051
G 14	Kristall-Diode		GK 2051
G 15	Kristall-Diode		GK 2051
—			
I 1	Drehspul-Strommesser	100 µA/2000 Ω	IP 041/100 µA
I 2	Drehspul-Strommesser	100 µA/2000 Ω	IP 041/100 µA
—			
L 1	Schwingspule		F 44-2.32
L 2	Schwingspule		F 44-2.33
L 3	Schwingspule		F 44-2.34
L 4	Schwingspule		F 44-2.35
L 5	Schwingspule		F 44-2.36
L 6	Schwingspule		F 44-2.37

59

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
L 7	Übertrager		TU 503
L 8	Anodendrossel		F 44-14
L 9	Quarz drossel		F 44-5.4
L 10	Kathodendrossel		F 44-5.5
L 11	Ringspule		MZ 728
L 12	Bandfilterspule		F 44-15
L 13	Bandfilterspule		F 44-16
L 14	Anodenspule		F 44-17
L 15	Filterspule		F 44-18/1 F 44-18/2
L 16	Filterspule		F 44-18/1 F 44-18/2
L 17	Drossel	etwa 25 H	DB 20/2
L 18	Drossel	etwa 12 H	DB 75/2
—			
Q 1	Schwingquarz	100 kHz	F 44-29/2
—			
R 1	Schichtwiderstand	300 kΩ/0,5 W	WF 300 k/0,5
R 2	Schichtwiderstand	10 MΩ/0,5 W	WF 10 M/0,5
R 3	Schichtwiderstand	50 Ω/0,5 W	WF 50/0,5
R 4	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,5 W	WF 100 k/0,5
R 5	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,5 W	WF 100 k/0,5
R 6	Schicht-Drehwiderst.	100 kΩ lin/0,4 W	WS 7122 F/100 k
R 7	Schichtwiderstand	60 kΩ/0,5 W	WF 60 k/0,5
R 8	Schichtwiderstand	20 kΩ/0,5 W	WF 20 k/0,5
R 9	Schichtwiderstand	60 kΩ/0,5 W	WF 60 k/0,5
R 10	Schichtwiderstand	200 kΩ/0,5 W	WF 200 k/0,5
R 11	Schichtwiderstand	5 kΩ/0,5 W	WF 5 k/0,5
R 12	Schichtwiderstand	5 kΩ/0,5 W	WF 5 k/0,5
R 13	Schichtwiderstand	800 Ω/0,5 W	WF 800/0,5
R 14	Schichtwiderstand	250 Ω/0,5 W	WF 250/0,5
R 15	Schichtwiderstand	100 Ω/0,5 W	WF 100/0,5
R 16	Schichtwiderstand	80 kΩ/0,5 W	WF 80 k/0,5
R 17	Schichtwiderstand	60 kΩ/0,5 W	WF 60 k/0,5

60

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R 18	Schichtwiderstand	5 kΩ/0,25 W	WF 5 k/0,25
R 19	Drahtwiderstand	etwa 3 Ω	
R 20	Schichtwiderstand	1 MΩ/0,5 W	WF 1 M/0,5
R 21	Schichtwiderstand	1 kΩ/0,5 W	WF 1 k/0,5
R 22	Schichtwiderstand	1 kΩ/0,5 W	WF 1 k/0,5
R 23	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,5 W	WF 100 k/0,5
R 24	Schichtwiderstand	200 kΩ/0,5 W	WF 200 k/0,5
R 25	Schichtwiderstand	10 kΩ/0,5 W	WF 10 k/0,5
R 26	Schichtwiderstand	20 kΩ/0,5 W	WF 20 k/0,5
R 27	Drahtwiderstand	etwa 3 Ω	
R 28	Schichtwiderstand	2 kΩ/0,5 W	WF 2 k/0,5
R 29	Schichtwiderstand	50 kΩ/0,5 W	WF 50 k/0,5
R 30	Schichtwiderstand	10 kΩ/0,5 W	WF 10 k/0,5
R 31	Schichtwiderstand	500 kΩ/0,5 W	WF 500 k/0,5
R 32	Schichtwiderstand	100 MΩ/0,5 W	WF 100 M/0,5
R 33	Schichtwiderstand	300 Ω/0,5 W	WF 300/0,5
R 34	Schichtwiderstand	25 Ω/0,5 W	WF 25/0,5
—			
R 37	Schichtwiderstand	30 kΩ/0,5 W	WF 30 k/0,5
R 38	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,5 W	WF 100 k/0,5
R 39	Schichtwiderstand	500 kΩ/0,5 W	WF 500 k/0,5
—			
R 42	Schichtwiderstand	500 kΩ/0,5 W	WF 500 k/0,5
R 43	Schichtwiderstand	300 Ω/0,5 W	WF 300/0,5
R 44	Schichtwiderstand	600 kΩ/0,5 W	WF 600 k/0,5
R 45	Schichtwiderstand	60 kΩ/0,5 W	WF 60 k/0,5
R 46	Schichtwiderstand	100 kΩ/0,5 W	WF 100 k/0,5
R 47	Schichtwiderstand	60 kΩ/0,5 W	WF 60 k/0,5
R 48	Schichtwiderstand	10 kΩ/0,5 W	WF 10 k/0,5
R 49	Schichtwiderstand	160 kΩ/0,5 W	WF 160 k/0,5
R 50	Schichtwiderstand	160 kΩ/0,5 W	WF 160 k/0,5
R 51	Schichtwiderstand	600 kΩ/0,5 W	WF 600 k/0,5
R 52	Schichtwiderstand	500 kΩ/0,5 W	WF 500 k/0,5

61

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
R 53	Schichtwiderstand	10 k Ω /0,5 W	WF 10 k/0,5
R 54	Schichtwiderstand	5 k Ω /0,5 W	WF 5 k/0,5
R 55	Schichtwiderstand	80 k Ω /0,5 W	WF 80 k/0,5
—			
R 58	Schichtwiderstand	100 k Ω /0,5 W	WF 100 k/0,5
R 59	Schichtwiderstand	600 Ω /0,5 W	WF 600/0,5
R 60	Schichtwiderstand	250 k Ω /0,5 W	WF 250 k/0,5
R 61	Schichtwiderstand	4 k Ω /0,5 W	WF 4 k/0,5
R 62	Schichtwiderstand	20 k Ω /0,5 W	WF 20 k/0,5
R 63	Schichtwiderstand	1 M Ω /0,5 W	WF 1 M/0,5
R 64	Schichtwiderstand	500 k Ω /0,5 W	WF 500 k/0,5
R 65	Schichtwiderstand	500 k Ω /0,5 W	WF 500 k/0,5
R 66	Schichtwiderstand	30 k Ω /0,5 W	WF 30 k/0,5
R 67	Schichtwiderstand	10 k Ω /0,5 W	WF 10 k/0,5
R 68	Schichtwiderstand	100 k Ω /0,5 W	WF 100 k/0,5
R 69	Schichtwiderstand	40 k Ω /0,5 W	WF 40 k/0,5
R 70	Schichtwiderstand	100 k Ω /0,5 W	WF 100 k/0,5
R 71	Schichtwiderstand	500 Ω /0,5 W	WF 500/0,5
R 72	Schichtwiderstand	600 k Ω /0,5 W	WF 600 k/0,5
R 73	Schichtwiderstand	160 k Ω /0,5 W	WF 160 k/0,5
R 74	Schichtwiderstand	1 M Ω /0,5 W	WF 1 M/0,5
R 75	Schichtwiderstand	1,25 k Ω /0,5 W	WF 1,25 k/0,5
R 76	Schichtwiderstand	200 k Ω /0,5 W	WF 200 k/0,5
R 77	Schichtwiderstand	4 k Ω /0,5 W	WF 4 k/0,5
R 78	Schichtwiderstand	2 k Ω /0,5 W	WF 2 k/0,5
R 79	Schichtwiderstand	1 M Ω /0,5 W	WF 1 M/0,5
R 80	Schichtwiderstand	2,5 k Ω /0,5 W	WF 2,5 k/0,5
R 81	Schichtwiderstand	40 k Ω /0,5 W	WF 40 k/0,5
—			
R 84	Drahtwiderstand	8 k Ω /12 W	WD 8 k/12
RI 1	Zwerg-Glimmlampe	220 V	RL 210

62

Wir übernehmen für Mängel unserer Geräte, die als Folgen von Fertigungs- oder Materialfehlern auftreten (ausgenommen Röhrenschäden)

1 JAHR GARANTIE

Plomben und Siegel des Geräts dürfen nicht verletzt sein, die Einsendung in unser Werk und die Rücksendung erfolgen auf Rechnung und Gefahr des Auftraggebers.

Der Garantieanspruch ist bei Einlieferung des Geräts schriftlich zu erheben. Dabei bitten wir, unbedingt Nummer und Datum unseres Lieferscheins anzugeben.

Kennzeichen	Benennung	Wert	R&S-Sach-Nr.
Rö 1	Pentode		EF 12
Rö 2	Pentode		EF 12
Rö 3	Pentode		EF 12
Rö 4	Pentode		EF 12
Rö 5	Pentode		EF 12
Rö 6	Pentode-Duodiode		EBF 11
Rö 7	Pentode		EF 12
Rö 8	Pentode		EF 12
Rö 9	Pentode		EF 12
Rö 10	Pentode		EF 12
Rö 11	Pentode		EF 12
Rö 12	Vollweg-Gleichrichter		AZ 11
Rö 13	Stabilisator		150 C 1
S 1	Spulenschalter		F 44-2
S 2	Scheibenschalter		SRN 323/32
S 3	Scheibenschalter		SRN 324/32
S 4	Drehschalter		SR 292/20
S 5	Messschalter		F 44-3.34
S 6	Knebel-Kippschalter		SR 121
S 7	Spannungswähler		FD 601
S 8	Scheibenschalter		SRN 311/32
Si 1	Schmelzeinsatz	600 mA	0,6 DIN 41571
Tr 1	Netztrafo		TN 432/2
Tr 2	Übertrager		

Anmerkung:

Die Schichtwiderstände mit der Belastung 0,25 W, 0,5 W und 1 W entsprechen der Norm DIN 41401, 41402, 41403 Klasse 0,5. Wenn nichts anderes angegeben, ist die Auslieferungstoleranz $\pm 10\%$.
Papier-Rollkondensatoren entsprechen der Norm DIN 41161.

63