

BESCHREIBUNG

## **FREQUENZHUBMESSER**

**Type FMV**

**BN 4620**

**ENGLISH INSTRUCTION BOOK**

see page 25

**Anmerkung:** Wir bitten, bei technischen Anfragen, insbesondere bei einer Anforderung von Ersatzteilen, außer der Type und Bestellnummer (BN) immer auch die Fabrikationsnummer (FNr.) des Gerätes anzugeben.

**Ausgabe 4620 A/666 d/e**

Printed in Western Germany

## Inhaltsübersicht

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. Eigenschaften</b>                                              | 3  |
| <b>2. Anwendung</b>                                                  | 5  |
| <b>3. Inbetriebnahme</b>                                             | 6  |
| 3.1. Einstellen des Gerätes auf die gegebene Netzspannung            | 6  |
| 3.2. Anschlüsse                                                      | 6  |
| 3.3. Einstellen des mechanischen Nullpunktes an den Instrumenten     | 7  |
| 3.4. Einschalten                                                     | 7  |
| 3.5. Eichen I, Frequenzablage                                        | 8  |
| 3.6. Eichen II, Frequenzhub                                          | 8  |
| 3.7. Prüfung der Frequenzhubeichung mit Hilfe der Nullstellenmethode | 9  |
| <b>4. Messen</b>                                                     | 10 |
| 4.1. Frequenzeinstellung                                             | 10 |
| 4.2. Messung der relativen Frequenzablage                            | 10 |
| 4.3. Messung des Frequenzhubes                                       | 11 |
| 4.4. Messung des Phasenhubes                                         | 11 |
| 4.5. Messung des Frequenzganges der Modulation                       | 12 |
| 4.6. Messung des Modulationsgrades                                   | 12 |
| 4.7. Klirrfaktormessung (nur bei FM)                                 | 12 |
| 4.8. Messung des Fremdspannungs- oder Geräuschabstandes              | 13 |
| 4.9. Messungen über 300 MHz                                          | 13 |
| <b>5. Wirkungsweise und Aufbau</b>                                   | 13 |
| 5.1. Wirkungsweise                                                   | 13 |
| 5.2. Aufbau                                                          | 15 |
| <b>6. Röhrenwechsel</b>                                              | 17 |
| <b>7. Schalteilliste</b>                                             | 18 |
| <b>Stromlauf</b>                                                     | 49 |

## 1. Eigenschaften

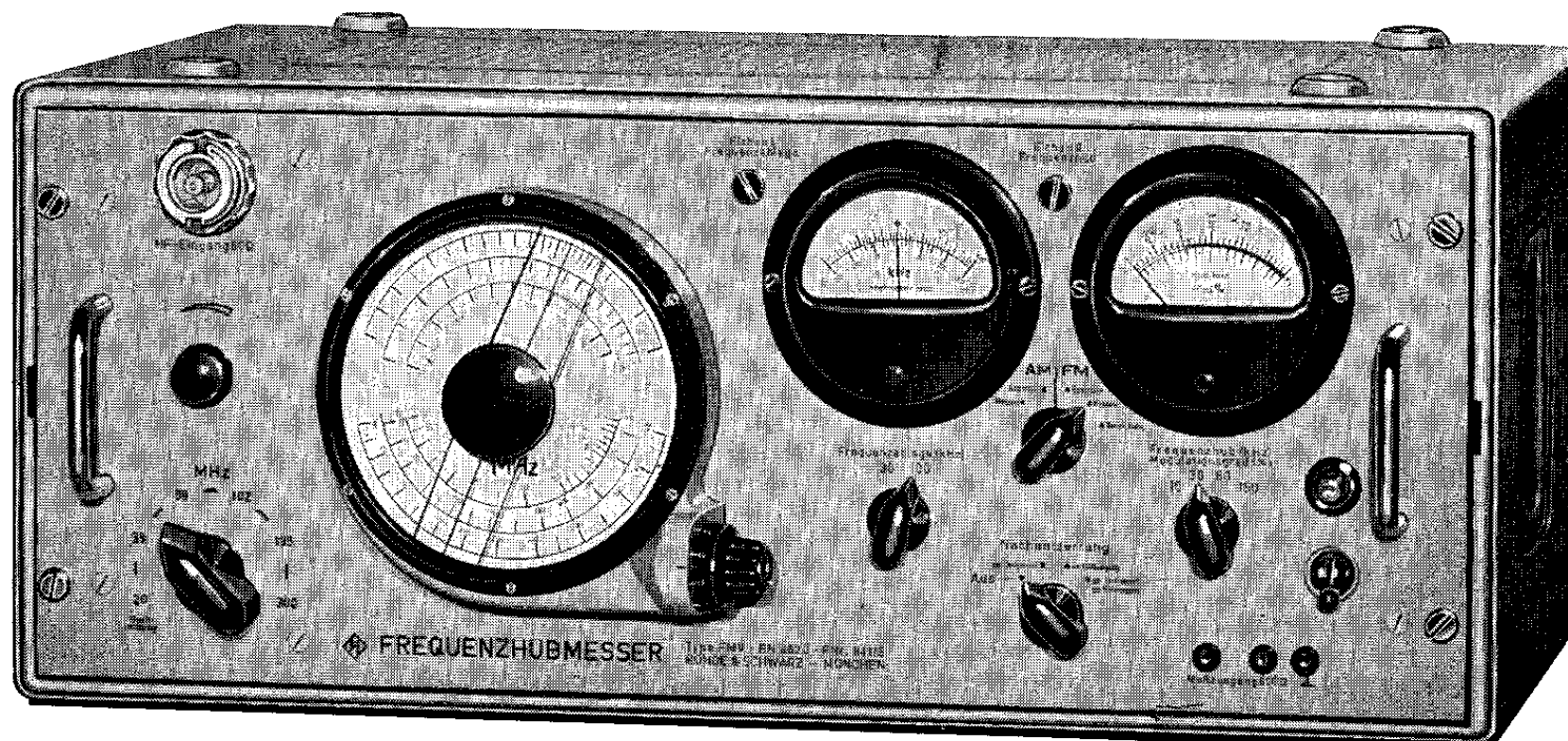
|                                                                  |                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Frequenzbereich . . . . .                                        | 20 ... 300 MHz<br>bis 600 MHz durch Mischen der<br>Eingangsfrequenz mit einer Oberwelle<br>der FMV-Oszillatorfrequenz |
| Frequenzbereich-Unterteilung . . . . .                           | 20 ... 33/59/102/185/300 MHz                                                                                          |
| Fehlergrenzen . . . . .                                          | $\pm 1\%$                                                                                                             |
| Anzeigebereich<br>für relative Mittelfrequenzabweichungen . . .  | - 30 ... + 30 kHz<br>- 100 ... + 100 kHz                                                                              |
| Fehlergrenzen . . . . .                                          | $\pm 2\%$ (nach Nacheichung)                                                                                          |
| Anzeigebereich für den Frequenzhub . . . . .                     | 0 ... 10/30/60/150 kHz                                                                                                |
| Fehlergrenzen . . . . .                                          | $\pm 4\%$ (nach Nacheichung)                                                                                          |
| Fehlergrenzen des eingebauten Hubnormals .                       | $\pm 1\%$                                                                                                             |
| Anzeigebereich<br>für den Amplituden-Modulationsgrad . . . . .   | 0 ... 10/30%                                                                                                          |
| Fehlergrenzen . . . . .                                          | $\pm 10\%$                                                                                                            |
| Frequenzbereich der Modulation . . . . .                         | 30 Hz ... 15 kHz;<br>bis 60 kHz bei Erweiterung der<br>Hubanzeige-Fehlergrenzen auf $\pm 10\%$                        |
| Nachentzerrung . . . . .                                         | 50 $\mu$ s, wahlweise einschaltbar<br>für Anzeige oder Meßausgang<br>oder Anzeige + Meßausgang                        |
| VHF-Eingang . . . . .                                            | Dezifix B,<br>umrüstbar für andere Stecker-<br>und Buchsensysteme,<br>siehe Seite 7                                   |
| Eingangswiderstand . . . . .                                     | etwa 60 $\Omega$                                                                                                      |
| Bedarf an Eingangsspannung<br>bei Frequenzhubmessungen . . . . . | 10 ... 50 mV                                                                                                          |
| bei Modulationsgradmessungen . . . . .                           | 20 ... 100 mV<br>bei Frequenzen von 300 ... 600 MHz<br>ist etwa die zehnfache Eingangs-<br>spannung erforderlich      |
| Maximale Eingangsspannung . . . . .                              | 2,5 V                                                                                                                 |

|                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Meßausgang . . . . .                                                                                                | Telefonbuchsen                                                                                                                                                                                                                          |
| Innenwiderstand . . . . .                                                                                           | $< 30 \Omega$ bei 30 Hz ... 3 kHz<br>$< 150 \Omega$ bei 3 ... 15 kHz                                                                                                                                                                    |
| Ausgangsspannung in jedem AM- und FM-Anzeigebereich bei Vollausschlag des Instrumentes                              | etwa +6 dB                                                                                                                                                                                                                              |
| Frequenzgang der Ausgangsspannung                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                         |
| von 30 Hz ... 15 kHz . . . . .                                                                                      | $\pm 5\%$ bei $R_a \geq 600 \Omega$                                                                                                                                                                                                     |
| von 15 ... 60 kHz . . . . .                                                                                         | $-30 \dots +5\%$ bei $R_a = 600 \Omega$                                                                                                                                                                                                 |
| Eigenklirrfaktor bei $R_a \geq 600 \Omega$<br>und Modulationsfrequenzen $< 15$ kHz<br>ohne Nachentzerrung . . . . . | $< 0,5\%$ bei 75 kHz Hub<br>$< 1 \%$ bei 150 kHz Hub                                                                                                                                                                                    |
| mit Nachentzerrung . . . . .                                                                                        | $< 0,3\%$ bei 75 kHz Hub<br>$< 0,5\%$ bei 150 kHz Hub                                                                                                                                                                                   |
| Eigenstörhub . . . . .                                                                                              | $< 15$ Hz, entsprechend 74 dB,<br>bezogen auf 75 kHz Hub<br>im Frequenzbereich unter 225 MHz;<br>$< 25$ Hz, entsprechend 70 dB,<br>bezogen auf 75 kHz Hub<br>im Frequenzbereich über 225 MHz                                            |
| Eigenstör-AM . . . . .                                                                                              | $< 0,05\%$                                                                                                                                                                                                                              |
| Synchrone AM bei 75 kHz Hub . . . . .                                                                               | $< 1\%$                                                                                                                                                                                                                                 |
| Netzanschluß . . . . .                                                                                              | 115/125/220/235 V $\pm 10\%$<br>47... 63 Hz, 75 VA                                                                                                                                                                                      |
| Bestückung . . . . .                                                                                                | 1 Röhre EC 81<br>8 Röhren EF 800<br>4 Röhren EF 804 S<br>1 Röhre PL 81<br>1 Stabilisator 85 A 2<br>1 Zwergglühlampe 220 V<br>1 Schmelzeinsatz M 1 C DIN 41571<br>(für 220 und 235 V Netzspannung)<br>1 Schmelzeinsatz M 0,1 C DIN 41571 |
| Abmessungen . . . . .                                                                                               | 540 x 234 x 378 mm<br>(R&S-Normkasten Größe 56)                                                                                                                                                                                         |
| Gewicht . . . . .                                                                                                   | 27 kg                                                                                                                                                                                                                                   |
| Zubehör . . . . .                                                                                                   | 1 Anschlußkabel LK 333                                                                                                                                                                                                                  |

## 2. Anwendung

Der Frequenzhubmesser Type FMV ist ein Meß-Demodulator zur Kontrolle frequenzmodulierter Sender. Sein Anwendungsgebiet umfaßt Entwicklungs- und Fertigungsmessungen ebenso wie die Betriebsüberwachung. Der Frequenzbereich dieses Gerätes erstreckt sich über das ganze VHF-Gebiet. Im einzelnen sind mit dem Gerät folgende Messungen ausführbar:

- a) Die Aufnahme statischer Modulationskennlinien durch Messung der Frequenzablage.
- b) Die Messung der Trägerauswanderung z. B. infolge der Modulation oder der Stromversorgungsschwankungen.
- c) Die Messung des Frequenzhubes (0 . . . 150 kHz) mit Modulationsfrequenzen zwischen 30 Hz und 15 kHz (mit verringerter Meßgenauigkeit bis 60 kHz).
- d) Die Messung des Frequenzganges der Modulation und die Prüfung des Verlaufs der vorgeschriebenen Vorverzerrung.
- e) Die Messung der Amplitudenmodulation (bis 30%) und der synchronen Amplitudenmodulation frequenzmodulierter Sender.



Bei Verwendung zusätzlicher Geräte sind noch weitere Messungen möglich; so zum Beispiel:

- f) Die Messung nichtlinearer Verzerrungen der Modulation mit dem Klirrfaktormesser Type FTZ (BN 4816).
- g) Die Messung der Brumm- und Störmodulation eines Senders mit dem NF-Millivoltmeter Type UVN BN 12003.

### 3. Inbetriebnahme

#### 3.1. Einstellen des Gerätes auf die gegebene Netzspannung

Ab Werk ist der Frequenzhubmesser für 220 V Netzwechselspannung eingestellt. Zur Umstellung für 115, 125 oder 235 V muß man am linken und rechten Rand der Frontplatte die Zylinderkopfschrauben lösen, das Gerät aus dem Gehäuse ziehen und auf dem Spannungswähler (über dem Netztransformator) das mit der gegebenen Spannung bezeichnete Kontaktfedernpaar mit einer geeigneten Sicherung überbrücken. Bei 235 V ist die für 220 V eingesetzte 1-A-Sicherung (M 1 C DIN 41571) geeignet. Bei 115 V und 125 V muß eine 2-A-Sicherung (M 2 D DIN 41571) eingesetzt werden. Die daneben im Sicherungselement eingeschraubte Anodensicherung muß unabhängig von der Netzspannung für 100 mA bemessen sein.

Netzspannungsschwankungen bis zu  $\pm 10\%$  sind zulässig. Dabei werden die angegebenen Fehlergrenzen des Gerätes noch eingehalten. Bei größeren Unter- oder Überspannungen muß dem Gerät ein geeigneter Spannungskonstanthalter vorgeschaltet werden.

#### 3.2. Anschlüsse

Zur Verbindung mit dem Netz ist dem Gerät das Anschlußkabel LK 333 beigegeben. Der Anschluß am FMV befindet sich auf der Rückseite. Der Eingang des FMV ist, wenn bei der Bestellung nicht anders angegeben, mit einem Dezifix B ausgerüstet. In diesem Fall muß also auch das koaxiale Verbindungskabel mit einem Stecker dieser Art versehen sein. Der Eingang des FMV bietet aber den beachtenswerten Vorteil der Umrüstbarkeit für andere Stecker- oder Buchsenarten. Derzeit stehen die in nachstehender Liste aufgeführten Umrüstsätze zur Verfügung. Der Umrüstvorgang ist sehr einfach: Man schraubt den Außenleiter des Dezifixsteckers mit dem (von R&S beziehbaren) Schlüssel FZM 10900 und den Innenleiter mit einem 4-mm-Schraubenzieher heraus. Dann können der Innen- und Außenleiter des jeweils erforderlichen Umrüstsatzes eingeschraubt werden. Wir empfehlen, Dezifixstecker und Umrüstsätze pfleglich zu behandeln und sorgfältig aufzubewahren, da schon geringe mechanische Verletzungen die elektrischen Eigenschaften verschlechtern können.

| Gewünschter Anschluß am Eingang   | Umrüstsatz<br>Bestell-Nummer |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 50-Ω-Buchse Serie UHF             | FHD 10900/50                 |
| 50-Ω-Stecker Serie UHF            | FHS 10900/50                 |
| 50-Ω-Buchse Serie N               | FHD 20900/50                 |
| 50-Ω-Stecker Serie N              | FHS 20900/50                 |
| 50-Ω-Buchse Serie C               | FHD 30900/50                 |
| 50-Ω-Stecker Serie C              | FHS 30900/50                 |
| 50-Ω-Buchse Serie BNC             | FHD 40900/50                 |
| 50-Ω-Stecker Serie BNC            | FHS 40900/50                 |
| 50-Ω-HF-Buchse 4,1/9,5            | FID 20900/50                 |
| 50-Ω-HF-Stecker 4,1/9,5           | FIS 20900/50                 |
| 50-Ω-HF-Buchse 7/16               | FID 40900/50                 |
| 50-Ω-HF-Stecker 7/16              | FIS 40900/50                 |
| 60-Ω-HF-Buchse 3,5/9,5 DIN 47281  | FID 20900/60                 |
| 60-Ω-HF-Stecker 3,5/9,5 DIN 47281 | FIS 20900/60                 |
| 60-Ω-HF-Buchse 6/16 DIN 47282     | FID 40900/60                 |
| 60-Ω-HF-Stecker 6/16 DIN 47282    | FIS 40900/60                 |
| 50-Ω-Anschluß General-Radio 874 B | FLA 20900/50                 |
| 50-Ω-Anschluß Marconi H 4         | FLB 20900/50                 |

Äußere Meßgeräte, zum Beispiel für Frequenzgang- oder Klirrfaktormessungen, werden an der Frontplatte rechts unten angeschlossen. Von den drei Buchsen „Meßausgang“ sind die linke und mittlere erdfrei; die rechte Buchse liegt an Masse und dient zum Anschließen der Kabelabschirmung. Die einzelnen Eigenschaften des Meßausgangs sind auf Seite 4 aufgeführt.

### 3.3. Einstellen des mechanischen Nullpunktes an den Instrumenten

Bei ausgeschaltetem Gerät müssen die Zeiger der beiden Instrumente auf dem mechanischen Nullpunkt stehen, das heißt bei jeder Skala auf 0 kHz. Zur Korrektur dient die im Instrumentgehäuse eingelassene Schlitzschraube.

### 3.4. Einschalten

Eingeschaltet wird das Gerät mit dem Kippschalter an der Frontplatte rechts unten. Die darüber eingebaute Glühlampe dient zur Überwachung des Einschaltzustandes. Etwa eine Minute nach dem Einschalten ist das Gerät betriebsbereit. Um die angegebenen Fehlergrenzen zu erreichen, empfiehlt es sich jedoch, eine Einlaufzeit von etwa einer halben Stunde abzuwarten.

### 3.5. Eichen I, Frequenzablage

Hierzu sind folgende Einstellungen auszuführen:

- a) Frequenzbereichschalter (links unten) auf „Eichen I“ schalten.
- b) Bereichschalter für Frequenzablage auf 100-kHz-Bereich stellen.
- c) AM-FM-Schalter (zwischen den Instrumenten) in Stellung „FM Kontrolle“ bringen.
- d) Die Frequenzskala im Bereich bei 10,7 MHz so einstellen, daß der Zeiger des linksseitigen Instrumentes auf 0 kHz Frequenzablage zu stehen kommt, und dann an der Frequenzskala die Frequenz genau ablesen. Richtig abgestimmt ist dann, wenn der Instrumentzeiger bei einer Veränderung der Abstimmung von seiner Mittellage aus nach links oder nach rechts ausschlägt. Wenn dabei die Frequenzskala für die Frequenzablageanzeige „0 kHz“ nicht genau auf 10,7 MHz, das heißt auf die Zwischenfrequenz des FMV eingestellt werden mußte, so ist dies ohne Bedeutung, da die Langzeitkonstanz des Oszillators im FMV nicht sehr hoch ist und bei dieser Eichung ja nur die relative Frequenzablage überprüft werden muß.
- e) Erhöht man nun die Einstellung der Frequenzskala um genau 0,1 MHz, so muß sich der Instrumentzeiger auf 100 kHz Frequenzablage einstellen. Dasselbe gilt, wenn die Frequenzeinstellung um 0,1 MHz erniedrigt wird. Falls dieser relativen Frequenzänderung um 0,1 MHz nicht ein Zeigerausschlag von 100 kHz entspricht, so muß dies durch entsprechende Einstellung des Reglers „Eichen I“ (über dem Instrument links) erzwungen werden.

### 3.6. Eichen II, Frequenzhub

Diese Eichung, der „Eichen I“ vorausgegangen sein muß, ist folgendermaßen auszuführen:

- a) AM-FM-Schalter auf „Eichen II“ (40 kHz) stellen. Hiermit ist das eingebaute Hubnormal in Betrieb gesetzt, das auf 10,7 MHz bei 50 Hz Modulationsfrequenz einen Rechteckhub liefert, der einem sinusförmigen Hub von 40 kHz entspricht.
- b) Bereichschalter unter dem rechten Instrument auf den Hubbereich „60 kHz“ stellen und den Regler „Eichen II“ (über dem rechten Instrument links) so einstellen, daß das rechte Instrument 40 kHz anzeigt. Die Schalter für Frequenzbereich, „Frequenzablage“ und „Nachentzerrung“ können dabei beliebig eingestellt sein.

Eine Absolutkontrolle der Hubanzeige mit Hilfe der Nullstellenmethode ist im nächsten Abschnitt beschrieben.

### 3.7. Prüfung der Frequenzhubeichung mit Hilfe der Nullstellenmethode

Bei der Absolutkontrolle des Frequenzhubes nach der Nullstellenmethode geht man von der Tatsache aus, daß die Amplitude des Trägers bei bestimmten Modulationsindizes verschwindet, d. h. gleich Null wird. Der Modulationsindex ist definiert durch das Verhältnis von Frequenzhub zu Modulationsfrequenz. An Hand von Besselschen Funktionen läßt sich bei den verschiedenen Nullstellen der zugehörige Modulationsindex berechnen. Diese Berechnung ergibt bei einer konstanten Modulationsfrequenz z. B. von 5 kHz und steigendem Frequenzhub folgende Nullstellen:

1. Nullstelle des Trägers bei 12,02 kHz Hub
2. Nullstelle des Trägers bei 27,60 kHz Hub
3. Nullstelle des Trägers bei 43,27 kHz Hub
4. Nullstelle des Trägers bei 58,90 kHz Hub
5. Nullstelle des Trägers bei 74,70 kHz Hub
6. Nullstelle des Trägers bei 90,40 kHz Hub

Zur Messung eignet sich ein Empfänger, der den Träger sehr selektiv zu empfangen gestattet. Die Bandbreite des Empfängers soll bei 5 kHz Modulationsfrequenz etwa 1 kHz betragen (ZF-Quarzfilter). Sehr zweckmäßig ist es dabei, wenn der Empfänger mit einem Überlagerer für tonlose Telegrafie ausgestattet ist, damit die Senderfrequenz leichter verfolgt werden kann, falls sie sich während des Messens durch die Modulation oder durch andere Einflüsse etwas ändert. Erhöht man nun (bei konstant gehaltener Modulationsfrequenz 5 kHz) den Hub des Senders langsam bei Null beginnend, so erhält man die erste Nullstelle des Trägers bei 12,02 kHz Hub. Bei weiterer Vergrößerung des Frequenzhubes kommt der Träger dann wieder und verschwindet zum zweiten Male bei 27,6 kHz Hub. Nach dieser Methode kann man die Hubeichung des FMV an mehreren Punkten mit der Genauigkeit der Modulationsfrequenz überprüfen.

## 4. Messen

Bei allen Messungen beachte man, daß dem Eingang des FMV keine höhere Spannung zugeführt wird als 2,5 V. Anderenfalls besteht die Gefahr, daß der Eingangsregler (R 55) zerstört wird.

### 4.1. Frequenzeinstellung

Wegen des breitbandigen Eingangs kann jede Frequenz im Abstand (21,4 MHz) der doppelten Zwischenfrequenz zweimal empfangen werden. Falls die Frequenz des Senders nicht näher bekannt ist, muß man beachten, daß beim Abstimmen in den Frequenzbereichen von 20 ... 185 MHz auf die höhere der beiden möglichen Einstellungen abgestimmt wird, im Bereich 185 ... 300 MHz auf die tiefere der beiden möglichen Einstellungen. Hält man sich an diese Regel, dann wird die Frequenzablage des Senders vom FMV mit dem richtigen Vorzeichen angezeigt.

Die genaue Abstimmung auf die Senderfrequenz geschieht unter Beobachtung des Frequenzablage-Instrumentes. Beim Durchdrehen der Frequenzskala schlägt der Instrumentzeiger zunächst nach einer Seite aus, kehrt dann um, wandert durch Null nach der anderen Seite hin und kehrt schließlich wieder in die Nullpunktlage zurück. Die richtige Abstimmung liegt beim Nulldurchgang des Zeigers. Eine negative Ablage der Senderfrequenz wird vom FMV-Instrument durch einen Ausschlag nach rechts, eine positive Ablage durch einen Ausschlag nach links angezeigt.

### 4.2. Messung der relativen Frequenzablage

Kleine relative Änderungen der Trägerfrequenz eines Senders, wie sie zum Beispiel infolge der Modulation, der Netzspannungsänderung oder durch Kopplungsänderungen auftreten können, kann man mit dem FMV auf einfache Weise unmittelbar messen. So wird beispielsweise bei einer Trägerfrequenz von 200 MHz eine Frequenzänderung in der Größenordnung von  $\pm 0,001\%$  ( $= \pm 2$  kHz Frequenzablage) noch unmittelbar angezeigt. Verständlicherweise kann man dabei nur Kurzzeitmessungen ausführen, weil die Langzeitkonstanz des Überlagereroszillators im FMV nicht sehr hoch ist.

Erst wird die Frequenzskala des FMV auf die (z. B. noch unmodulierte oder bei Netzspannung bestehende) Senderfrequenz nach 4.1. genau eingestellt. Dabei möglichst den Bereich für 30 kHz Frequenzablage wählen. Dann bringt man den „AM-FM-Schalter“ in die Stellung „FM Kontrolle“ und stellt den Eingangsspannungsregler (links Mitte) so ein, daß der Zeiger des rechtsseitigen Instrumentes innerhalb der langen grünen Prüfmарke steht. Falls dies nicht möglich ist, dann Senderspannung erhöhen bzw. erniedri-

gen. Nun wird je nach Meßaufgabe z. B. der Sender moduliert oder seine Netzspannung variiert, am FMV der Frequenzablage-Schalter auf einen geeigneten Bereich (0 ... 30 oder 0 ... 100 kHz) gebracht und am linksseitigen Instrument die Frequenzänderung abgelesen.

#### 4.3. Messung des Frequenzhubes

Zunächst wird auf die Senderfrequenz nach 4.1. abgestimmt. Dabei möglichst den Bereich für 30 kHz Frequenzablage wählen und genau auf 0 kHz abstimmen; denn es muß (besonders bei großem Frequenzhub) gewährleistet sein, daß der mittlere gerade Teil der Diskriminatorkennlinie symmetrisch angesteuert wird. Der „AM-FM-Schalter“ wird auf „FM Kontrolle“ gebracht und der Eingangsspannungsregler (links Mitte) so eingestellt, daß der Zeiger des rechtsseitigen Instrumentes innerhalb der langen grünen Prüfmarke steht. Nun wird der „AM-FM-Schalter“ auf „FM Messen“ umgeschaltet, der Schalter der „Nachentzerrung“ auf „abgeschaltet“ gestellt, mit dem Schalter „Frequenzhub/Modulationsgrad“ ein geeigneter Hubbereich (0 ... 10/30/60/150 kHz) gewählt und der Frequenzhub am rechtsseitigen Instrument abgelesen. Durch eine gleichzeitig vorhandene Amplitudenmodulation bis zu 30% wird die Frequenzhubanzeige noch nicht beeinflusst.

Durch die hohe Empfindlichkeit der Hubanzeige kann eine Störfrequenzmodulation bis etwa 200 Hz herab noch unmittelbar festgestellt werden. Noch kleinere Störhübe lassen sich mit Hilfe eines am „Meßausgang“ angeschlossenen NF-Millivoltmeters, z. B. mit dem NF-Millivoltmeter Type UVN BN 12003, messen. Die Messung erfolgt in zwei Schritten: Erst wird der Sender so moduliert, daß der FMV einen größeren Hub anzeigt (z. B. 60 kHz) und dabei die diesem Hub entsprechende Spannung (z. B. 1,5 V) am UVN abgelesen. Hiermit erhält man ein Maß für die Spannung je Hz Frequenzhub. Hierauf nimmt man vom Sender die Modulation weg und liest am UVN die der Störmodulation entsprechende Spannung ab. Aus dem Spannungsverhältnis erhält man sodann unmittelbar den Störhub in Hz. Auf diese Weise kann man noch Frequenzhübe von weniger als 50 Hz (bis zur Grenze der Eigenstörspannung des FMV) ermitteln.

#### 4.4. Messung des Phasenhubes

Der Phasenhub  $\Delta\varphi$  eines Senders läßt sich mit dem FMV ebenfalls messen. Er wird vom FMV zwar nicht unmittelbar angezeigt wie der Frequenzhub  $\Delta f$ , man kann ihn jedoch für die jeweils gegebene bzw. angewandte Modulationsfrequenz  $f_m$  ermitteln:

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta f}{f_m}$$

Wie bei der Frequenzhubmessung ist auch bei der Phasenhubmessung der kleinste ohne zusätzliche Hilfsmittel bestimmbare Phasenhub durch den kleinsten Hubmeßbereich (10 kHz) gegeben. Eine Erweiterung des Meßbereichs nach noch kleineren Werten hin ist jedoch möglich, wenn die Ausgangsspannung des FMV mit einem äußeren Voltmeter gemessen wird, wie im Abschnitt 4.3. für die Messung einer Störmodulation empfohlen.

#### **4.5. Messung des Frequenzganges der Modulation**

Da die Frequenzhubanzeige der Niederfrequenzspannung proportional ist, kann man gleichzeitig mit der Hubmessung Frequenzgangmessungen ausführen. Ebenso kann man die Vorverzerrung in einem Sender mit der im FMV einschaltbaren genormten Nachentzerrung (50  $\mu$ s) vergleichen. Die Nachentzerrung im FMV läßt sich so umschalten, daß sie entweder am Instrument oder am Meßausgang oder am Instrument und am Meßausgang wirksam ist. Sie kann auch ganz abgeschaltet werden. Durch diese Umschaltbarkeit der Nachentzerrung sind mit dem FMV zahlreiche verschiedene Messungen möglich. Bezüglich der Einstellung am FMV gilt das in obigen Abschnitten Gesagte.

#### **4.6. Messung des Modulationsgrades**

Für eine Modulationsgradmessung wird zunächst nach 4.1. auf die Frequenz des angeschlossenen Senders abgestimmt, der Schalter „Nachentzerrung“ in die Stellung „abgeschaltet“ gebracht, der „AM-FM-Schalter“ auf „AM Kontrolle“ gestellt und der Eingangsspannungsregler so eingestellt, daß der Zeiger des rechten Instrumentes auf dem blauen Eichstrich „AM“ steht. Nötigenfalls ist die Ausgangsspannung des zu messenden Senders entsprechend herabzusetzen oder zu erhöhen, um die genannte Einstellung zu ermöglichen. Hierauf wird auf „AM Messen“ umgeschaltet, ein geeigneter Modulationsgradmeßbereich (0 bis 10/30/60%) gewählt und der Modulationsgrad am rechten Instrument abgelesen. Dabei ist zu bedenken, daß die angegebenen Fehlergrenzen nur für die Modulationsgrade bis 30% gelten. Bei der Messung des synchronen Modulationsgrades eines FM-Senders muß man besonders darauf achten, daß auf 0 kHz Frequenzablage abgestimmt wird, da sonst ein größerer Modulationsgrad vorgetäuscht wird.

#### **4.7. Klirrfaktormessung (nur bei FM)**

Hierbei sind am FMV die Einstellungen vorzunehmen wie für eine Frequenzhubmessung nach 4.3. Dabei muß man, besonders bei großem Frequenzhub, möglichst genau auf 0 kHz Frequenzablage abstimmen. Der Schalter „Nachentzerrung“ wird je nach

Meßaufgabe eingestellt. Die Messung geschieht mit Hilfe eines am „Meßausgang“ angeschlossenen Klirrfaktormessers nach Abschluß des Meßausganges mit  $600\ \Omega$ . Als Klirrfaktormesser empfehlen wir die Type FTZ BN 4816 für die vier Meßfrequenzen 40, 1000, 5000 und 15 000 Hz.

#### **4.8. Messung des Fremdspannungs- oder Geräuschabstandes**

Auch hierbei ist der FMV so einzustellen, wie für die Frequenzhubmessung unter 4.3. beschrieben. Wenn der Sender mit Vorverzerrung arbeitet, ist am FMV die Nachentzerrung einzuschalten. Gemessen wird der Spannungspegel am „Meßausgang“ erst bei normal (z. B. mit 75 kHz Hub) moduliertem und dann bei unmoduliertem Sender. Der Meßausgang ist hierbei mit  $600\ \Omega$  abzuschließen. Der Fremdspannungsabstand kann nun als Spannungsverhältnis oder, was gebräuchlicher ist, in Pegelwerten (dB) angegeben werden. Zur Messung geeignet ist das NF-Millivoltmeter Type UVN BN 12003.

#### **4.9. Messungen über 300 MHz**

Mit dem FMV kann man sowohl Frequenz- wie Modulationsgradmessungen bei über dem Nennfrequenzbereich des Gerätes liegenden Frequenzen ausführen. Es wird dabei die 2. Harmonische des Oszillators mit der Eingangsfrequenz gemischt und so die Zwischenfrequenz (10,7 MHz) erzeugt. Die Empfindlichkeit des FMV ist hierbei allerdings geringer; bei 600 MHz ist etwa die 10fache Eingangsspannung erforderlich, um bei ganz aufgedrehtem Eingangsspannungsregler einen für die Eichung notwendigen Zeigerausschlag zu erhalten. Hierbei ist jedoch besonders darauf zu achten, daß die maximal zulässige Eingangsspannung von 2,5 V nicht überschritten wird.

### **5. Wirkungsweise und Aufbau**

#### **5.1. Wirkungsweise (siehe Stromlauf)**

Die Hochfrequenzspannung des zu messenden Senders gelangt vom VHF-Eingang über den Hochpaß C1–C2–L1–C3 und über den Eingangsregler R55 ohne weitere Selektionsmittel an den Eingang der Mischstufe RÖ1. Durch den Hochpaß werden alle unter 20 MHz liegenden Eingangsfrequenzen stark unterdrückt und somit insbesondere die im Bereich der Zwischenfrequenzbandbreite ( $10,7\text{ MHz} \pm 150\text{ kHz}$ ) liegenden Frequenzen vom Eingang der Mischstufe ferngehalten.

Die Überlagerungsspannung wird in dem getrennten Oszillator RÖ2 erzeugt und an die Katode der Mischröhre geführt. Die Oszillatorfrequenz liegt in den Frequenzbereichen

von 20 ... 185 MHz über der Eingangsfrequenz, im Bereich 185 ... 300 MHz unter der Eingangsfrequenz.

Wegen des breitbandigen Eingangs kommt die Spiegelfrequenz (im Abstand  $2 \times 10,7$  MHz) mit gleicher Stärke durch. Die richtige Frequenz des Eingangssignals ergibt sich demnach dadurch, daß man in den Bereichen von 20 bis 185 MHz das höhere der beiden (in 21,4 MHz Abstand befindlichen) Signale sucht und im Bereich 185 ... 300 MHz das tiefere der beiden Signale.

Außer den fünf Frequenzbereichen von 20 ... 300 MHz (mit den Spulen L3 ... L7) hat der Oszillator noch einen im Bereich der Zwischenfrequenz (10,4 ... 11,0 MHz) arbeitenden Frequenzbereich mit dem Schwingkreis L2–C16 zur Eichung des Instrumentes J1 zur Anzeige der Frequenzablage ( $\pm 100$  kHz).

Nach der Mischstufe folgen die zwei ZF-Verstärkerstufen RÖ3–RÖ4 und die zwei Begrenzerstufen RÖ5–RÖ6. Die Zeitkonstante des Begrenzers ist so klein, daß auch eine störende Amplitudenmodulation mit hoher Frequenz (z. B. Impulse) einwandfrei beseitigt wird. Der Gitterstrom des Begrenzers RÖ5 wird in der Schaltstellung „FM Kontrolle“ zur Prüfung der Eingangsamplitude vom Instrument J2 angezeigt.

Nach dem zweiten Begrenzer folgt der mit den zwei Kristalldioden G12–G13 arbeitende Breitband-Diskriminator, der ebenso für kleinste Verzerrungen dimensioniert ist wie der ganze ZF-Teil. Die am Diskriminator auftretende Gleichspannung dient zur Anzeige der Frequenzablage durch das Instrument J1. Der nachfolgende Katodenverstärker RÖ7 wirkt als Impedanzwandler und liefert die Niederfrequenzspannung an den für die vier Hubmeßbereiche mittels S4F umschaltbaren Teiler R60 ... R63.

Zur Messung des Amplituden-Modulationsgrades wird die ZF-Spannung nach der ersten ZF-Röhre RÖ3 durch G11 gleichgerichtet und die Niederfrequenzspannung über Kabel K6, Schalter S21R und K7 auf den mit S4F umschaltbaren Teiler gegeben. Die nach G11 auftretende Gleichspannung, die ein Maß für die Amplitude der Hochfrequenzspannung ist, wird in der Schaltstellung „AM Kontrolle“ vom Instrument J2 angezeigt, und mit dem Eingangsspannungsregler R55 wird die Hochfrequenzamplitude auf den für AM-Messung vorgeschriebenen Betrag eingestellt.

Zur Verstärkung der Modulationsspannung bei FM und AM für den „Meßausgang“ dienen die zwei gegengekoppelten Stufen RÖ9–RÖ10 und der Katodenverstärker RÖ11 mit Ausgangsübertrager Tr1. Für die Anzeige des Frequenzhubes und des Modulationsgrades wird die Niederfrequenzspannung nach der Stufe RÖ10 dem Katodenverstärker RÖ12 zugeführt, von G15 gleichgerichtet und durch J2 angezeigt.

Mit dem Schalter S2 kann in der Stellung „Eichen II (40 kHz)“ der auf der Zwischenfrequenz arbeitende Normalhubgenerator R08 in Betrieb gesetzt werden. Durch den 50-Hz-Strom, der im Hubnormal durch die Diode G14 fließt, wird diese so stark durchgesteuert, daß sie bei jeder Periode als Schalter wirkt, der dem Schwingkreis die Kapazität C65 im Rhythmus der Netzfrequenz parallelschaltet und so einen rechteckförmigen Frequenzhub erzeugt, der einem Spitzenhub von 40 kHz bei sinusförmiger Modulationsspannung entspricht. Da hierbei der Frequenzsprung nur durch das Kapazitätsverhältnis bestimmt wird, ist die Konstanz des Hubes auch bei starken Netzspannungsschwankungen sehr gut ( $\pm 1\%$ ).

Der Netzteil ist primärseitig für die Netzwechselspannungen 115 V, 125 V, 220 V und 235 V eingerichtet. Die Anodenspannung ist für alle Stufen des Gerätes durch die Röhren R013–R014–R015 stabilisiert. Von diesen Röhren ist R013 die vom Anodenstrom durchflossene Regelröhre, R014 ist die Steuerröhre von R013, und R015 ist der Glimmstabilisator zur Aufrechterhaltung einer konstanten Bezugsgittervorspannung für R014. Die Heizung der brummempfindlichen Stufen (R01–R02–R07–R09–R010) erfolgt mit Gleichstrom aus dem Gleichrichter G16 mit Siebglied R90–C88.

## 5.2. Aufbau

Mischstufe und Oszillator sind in einem Abschirmgehäuse zusammengebaut. Auch die beiden Röhren R01–R02 sind im Gehäuse, das durch eine Platte mit zehn Schrauben hochfrequenzdicht abgeschlossen ist, untergebracht. Zwischen dem Skalenantrieb und der Achse des Oszillatordrehkondensators befindet sich eine spielfreie Kupplung. Die Spulentrommel des Oszillators wird vom Bereichschalterkopf aus über Zahnräder gedreht. Der ZF-Teil mit den Stufen R03–R04–R05–R06–R07 ist an der Rückseite angeordnet. Die Verbindung mit dem Ausgang (L8) der Eingangsstufe erfolgt über das Steckerkabel K2. Alle anderen Verbindungen zum ZF-Teil sind über zwei Steckerleisten hergestellt. So kann der ZF-Teil im Fall einer Reparatur auf einfache Weise aus dem Gerät genommen werden.

Das Hubnormal mit R08 ist auf dem ZF-Teil (wie eine Röhre mit Stahlröhrensockel) eingesetzt. Der Netzteil mit Tr2–R013–R014–R015 ist rechts eingebaut. Die Netzsicherung Si1 mit Spannungswähler S7 und die Anodensicherung Si2 befinden sich über dem Netztransformator Tr2. Den restlichen Platz auf dem Zwischenboden nimmt der Niederfrequenzteil mit R09–R010–R011–Tr1 ein.

Sämtliche zu bedienenden Teile und die beiden Instrumente befinden sich an der Frontplatte: Links oben die koaxiale Eingangsbuchse Dezifix B, darunter der Regler R55 und links unten der Frequenzbereichschalterknopf für die fünf Bereiche 20 . . . 300 MHz und

für eine weitere Schaltstellung „Eichen I“ (Bereich 10,4 ... 11,0 MHz) zur Nacheichung des rechten Instruments J1 zur Anzeige der Frequenzablage ( $0 \dots \pm 100$  kHz). Die Frequenzbereichskala hat außer dem Grobtriebknopf (Mitte) einen 1 : 100 übersetzten Feintriebknopf mit einem 100teiligen Skalenring. Von den beiden Zeigerinstrumenten gehört das linksseitige (J1) zur Anzeige der Frequenzablage, das rechtsseitige (J2) zur Anzeige der Eingangsspannung, des Frequenzhubes bei FM und des Modulationsgrades bei AM. Jeweils unter den Instrumenten befinden sich die zugehörigen Bereichsschalter: unter dem linken Instrument der Schalter S3 für  $0 \dots \pm 30 / \pm 100$  kHz Frequenzablage, unter dem rechten Instrument der Schalter S4F für  $0 \dots 10/30/60/150$  kHz Frequenzhub und für  $0 \dots 10/30\%$  Modulationsgrad. Die Skalen des rechtsseitigen Instrumentes gelten für kHz und %. Über den Instrumenten befinden sich die zugehörigen Regler R105 und R86 zur Nacheichung der Frequenzablage- und der Frequenzhubanzeige. Zwischen den Instrumenten ist der Schalter S2 eingebaut mit den fünf Schaltstellungen „AM Kontrolle“, „AM Messen“, „FM Kontrolle“, „FM Messen“ und „Eichen II“. Darunter ist der Schalter S5 für die Nachentzerrung ( $50 \mu\text{s}$ ) eingebaut. In der ersten Stellung ist die Nachentzerrung „abgeschaltet“. In den anderen Stellungen ist sie wahlweise „am Instrument“, „am Meßausgang“ oder „am Instrument und Meßausgang“ wirksam. Für den Meßausgang sind unten rechts drei Telefonbuchsen vorgesehen. Davon sind die linksseitige und mittlere erdfrei mit dem Ausgangsübertrager Tr1, die rechtsseitige mit Masse verbunden.

Ganz rechts befinden sich der Netzschalter S6I (kombiniert mit dem Kurzschlußschalter S6II für J2) und die an der Primärwicklung von Tr2 liegende Zwergglimmlampe R11 zur Überwachung des Einschaltzustandes. Die beiden Griffe am linken und rechten Rand erleichtern das Herausziehen des Gerätes aus dem Gehäuse. Die vier Zylinderkopfschrauben am linken und rechten Rand der Frontplatte befestigen diese mit dem Gehäuse. Das Gehäuse ist aus Stahlblech. Es hat links und rechts einen eingelassenen Traggriff und ist zum Schutz der Frontplatte (beim Transport) mit einem abnehmbaren Stahlblechdeckel versehen. Das Gerät kann auch in ein Normgestell (520) DIN 41491 eingebaut werden.

## 6. Röhrenwechsel

Nach dem Herausziehen des Gerätes aus dem Gehäuse sind die Röhren RÖ3 bis RÖ15 ohne weiteres zugänglich und können ohne Einfluß auf die Funktion und Genauigkeit des Gerätes durch neue Röhren gleicher Type ersetzt werden. Die beiden Röhren RÖ1 (EF 800) und RÖ2 (EC 81) der Mischstufe und des Oszillators befinden sich in dem mit einer Platte und zehn Schrauben verschlossenen Abschirmgehäuse hinter der Frequenzskala. Die Mischröhre RÖ1 ist ohne weiteres auswechselbar. Durch das Auswechseln der Oszillatorröhre können sich die Fehlergrenzen der Frequenz um etwa 2% erweitern. Man kann jedoch die ursprünglichen Fehlergrenzen ( $\pm 1\%$ ) wieder erreichen, wenn eine geeignete Röhre, die die Eigenschaften der Erstbestückung aufweist, ausgesucht wird. Zur Prüfung der Frequenzzeichnung empfehlen wir den Frequenzmesser Type WIK BN 4421.

## 7. Schaltteilliste

(AZ „r“ Nr. 10841)

| Kenn-<br>zeichen | Benennung           | Wert            | R&S-Sach-Nr.                    |
|------------------|---------------------|-----------------|---------------------------------|
| C 1              | Kf-Kondensator      | 200 pF/500 V    | CKD 2/200/500                   |
| C 2              | Kf-Kondensator      | 500 pF/125 V    | CKD 2/500/125                   |
| C 3              | Kf-Kondensator      | 200 pF/500 V    | CKD 2/200/500                   |
| C 4              | Ker. Df-Kondensator | 2000 pF         | CFS 2000                        |
| C 5              | Glimmer-Kondensator | etwa 80 pF      | enth. in 4620 – 1.6             |
| C 6              | Glimmer-Kondensator | etwa 4 pF       | enth. in 4620 – 1.1             |
| C 7              | Drehkondensator     |                 | 4620 – 1.1                      |
| C 8              | Glimmer-Kondensator | etwa 12 pF      | enth. in 4620 – 1.1             |
| C 9              | Glimmer-Kondensator | etwa 4 pF       | enth. in 4620 – 1.1             |
| C 10             | Ker. Df-Kondensator | 2000 pF         | CFS 2000                        |
| C 11             | Keramik-Kondensator | 74 pF           | CCH 31/47<br>CCH 31/27 parallel |
| C 12             | Lufttrimmer         | 4 ... 29 pF     | CV 8025                         |
| C 13             | Papier-Kondensator  | 10 000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 14             | Ker. Df-Kondensator | 2000 pF         | CFS 2000                        |
| C 15             | Ker. Df-Kondensator | 2000 pF         | CFS 2000                        |
| C 16             | Keramik-Kondensator | 138 pF          | CCH 31/82<br>CCH 31/56 parallel |
| C 17             | Lufttrimmer         | 4 ... 29 pF     | CV 8025                         |
| C 18             | Keramikkondensator  | 56 pF           | CCH 31/56                       |
| C 19             | Keramik-Kondensator | 1 pF            | CCG 21/1                        |
| C 20             | Papier-Kondensator  | 10 000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 21             | Lufttrimmer         | 4 ... 29 pF     | CV 8025                         |
| C 22             | Papier-Kondensator  | 10 000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 23             | Lufttrimmer         | 4 ... 29 pF     | CV 8025                         |
| C 24             | Papier-Kondensator  | 10 000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 26             | Keramik-Kondensator | 22 pF           | CCH 31/22                       |
| C 27             | Papier-Kondensator  | 10 000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 28             | Papier-Kondensator  | 10 000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 29             | Lufttrimmer         | 4 ... 29 pF     | CV 8125                         |
| C 30             | Keramik-Kondensator | 22 pF           | CCG 68/22                       |
| C 31             | Papier-Kondensator  | 10 000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 32             | Papier-Kondensator  | 10 000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 35             | Lufttrimmer         | 4 ... 29 pF     | CV 8125                         |
| C 36             | Lufttrimmer         | 4 ... 29 pF     | CV 8125                         |
| C 37             | Papier-Kondensator  | 10 000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 38             | Keramik-Kondensator | 47 pF           | CCH 31/47                       |
| C 39             | Lufttrimmer         | 4 ... 29 pF     | CV 8125                         |
| C 40             | Papier-Kondensator  | 10 000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 41             | Keramik-Kondensator | 68 pF           | CCH 31/68                       |
| C 42             | Lufttrimmer         | 4 ... 29 pF     | CV 8125                         |
| C 43             | Keramik-Kondensator | 100 pF          | CCH 68/100                      |

| Kenn-<br>zeichen | Benennung                            | Wert                                | R&S-Sach-Nr.                               |
|------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| C 44             | Keramik-Kondensator                  | 100 pF                              | CCH 68/100                                 |
| C 45             | Papier-Kondensator                   | 100 000 pF/250 V                    | CPK 58004 n 100                            |
| C 49             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 50             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 51             | Ker. Df-Kondensator                  | 100 pF                              | CFR 2/100                                  |
| C 52             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 53             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 54             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 55             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 56             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 57             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 58             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 59             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 60             | Ker. Df-Kondensator                  | 100 pF                              | CFR 2/100                                  |
| C 61             | Ker. Df-Kondensator                  | 100 pF                              | CFR 2/100                                  |
| C 62             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 63             | Ker. Df-Kondensator                  | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 65             | Lufttrimmer                          | 4 ... 29 pF                         | CV 8125                                    |
| C 66             | Keramik-Kondensator                  | 68 pF                               | CCH 31/68                                  |
| C 67             | Lufttrimmer                          | 4 ... 29 pF                         | CV 8125                                    |
| C 68             | Keramik-Kondensator                  | 22 pF                               | CCH 31/22                                  |
| C 69             | Keramik-Kondensator                  | 150 pF                              | CCH 68/150                                 |
| C 70             | Keramik-Kondensator                  | 150 pF                              | CCH 68/150                                 |
| C 72             | Papier-Kondensator                   | 100 000 pF/250 V                    | CPK 58004 n 100                            |
| C 73             | Keramik-Kondensator                  | 100 pF                              | CCH 68/100                                 |
| C 74             | MP-Kondensator                       | 0,5 µF/250 V                        | CMR 0,5/250/2                              |
| C 75             | Kf-Kondensator<br>Papier-Kondensator | 500 pF/500 V<br>2200 pF/1000 V      | CKS 500/500<br>CPK 70003 n 2,2 parallel    |
| C 76             | Papier-Kondensator                   | 100 000 pF/250 V                    | CPK 58004 n 100                            |
| C 77             | Papier-Kondensator                   | 100 000 pF/250 V                    | CPK 58004 n 100                            |
| C 78             | Kf-Kondensator<br>Papier-Kondensator | 25 000 pF/250 V<br>100 000 pF/250 V | CKS 25 000/250<br>CPK 58004 n 100 parallel |
| C 79             | Papier-Kondensator                   | 100 000 pF/250 V                    | CPK 58004 n 100                            |
| C 80             | Kf-Kondensator                       | 500 pF/500 V                        | CKS 500/500                                |
| C 81             | MP-Kondensator                       | 0,25 µF/500 V                       | CMR 0,25/500                               |
| C 82             | Kf-Kondensator                       | 500 pF/500 V                        | CKS 500/500                                |
| C 83             | MP-Kondensator                       | 2 µF/160 V                          | CMR 2/160/2                                |
| C 84             | Kf-Kondensator                       | 2500 pF/250 V                       | CKS 2500/250                               |
| C 87             | Elektrolyt-Kondensator               | 1000 µF/35 V                        | CEG 21/1000/35                             |
| C 88             | Elektrolyt-Kondensator               | 1000 µF/35 V                        | CEG 21/1000/35                             |
| C 89             | MP-Kondensator                       | 8 µF/500 V                          | CMR 8+ 8/500                               |
| C 90             | MP-Kondensator                       | 8 µF/500 V                          | CMR 8+ 8/500                               |
| C 91             | Keramik-Kondensator                  | 270 pF                              | CCH 68/270                                 |
| C 92             | MP-Kondensator                       | 8 µF/250 V                          | CMR 8/250                                  |

| Kenn-<br>zeichen | Benennung            | Wert                 | R&S-Sach-Nr.                |
|------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| GI 1             | Kristall-Diode       |                      | GK/OA 95                    |
| GI 2             | Kristall-Diode       |                      | } GK/2 x AA 118             |
| GI 3             | Kristall-Diode       |                      |                             |
| GI 4             | Kristall-Diode       |                      | GK/OA 95                    |
| GI 5             | Kristall-Diode       |                      | GK/OA 95                    |
| GI 6             | Netzgleichrichter    | 30 V/1000 mA         | GNB 11/30/1000 B            |
| GI 7             | Netzgleichrichter    | 360 V/200 mA         | GNB 19/360/200 M            |
| J 1              | Drehspul-Strommesser | $\pm 10 \mu\text{A}$ | IS 223/2 x 10 $\mu\text{A}$ |
| J 2              | Drehspul-Strommesser | 20 $\mu\text{A}$     | IS 222/20 $\mu\text{A}$     |
| K 1              | Hochfr.-Kabel        |                      | 4620 – 19                   |
| K 2              | Hochfr.-Kabel        |                      | 4620 – 20                   |
| K 3              | Hochfr.-Kabel        |                      | LK 156/2                    |
| K 4              | Hochfr.-Kabel        |                      | LKK 61 900                  |
| K 5              | Hochfr.-Kabel        |                      | LKK 61 900                  |
| K 6              | Hochfr.-Kabel        |                      | LKK 61 900                  |
| K 7              | Hochfr.-Kabel        |                      | LKK 61 900                  |
| K 8              | Hochfr.-Kabel        |                      | LKK 61 900                  |
| K 9              | Hochfr.-Kabel        |                      | LKK 61 900                  |
| K 10             | Hochfr.-Kabel        |                      | LKK 92 220                  |
| K 11             | Hochfr.-Kabel        |                      | LKK 61 900                  |
| K 12             | Hochfr.-Kabel        |                      | LFA 03 022                  |
| K 13             | Hochfr.-Kabel        |                      | LFA 03 022                  |
| K 14             | Hochfr.-Kabel        |                      | LFA 03 022                  |
| K 15             | Anschlußkabel        |                      | LK 333                      |
| K 16             | Hochfr.-Kabel        |                      | 4620 – 25                   |
| K 17             | Hochfr.-Kabel        |                      | LKK 92 220                  |
| L 1              | Filterspule          |                      | 4620 – 9.3                  |
| L 2              | Schwingspule         |                      | 4620 – 1.4.1                |
| L 3              | Schwingspule         |                      | 4620 – 1.4.2                |
| L 4              | Schwingspule         |                      | 4620 – 1.4.3                |
| L 5              | Schwingspule         |                      | 4620 – 1.4.4                |
| L 6              | Schwingspule         |                      | 4620 – 1.4.5                |
| L 7              | Schwingspule         |                      | 4620 – 1.4.6                |
| L 8              | Filterspule          |                      | 4620 – 1.6.5                |
| L 9              | Cu-Schaltdraht       |                      | LD 204 auf R8 gewickelt     |
| L 10             | Koppelspule          |                      | 4620 – 2.2.1                |
| L 11             | Filterspule          |                      | 4620 – 2.2.5                |
| L 12             | Filterspule          |                      | 4620 – 2.3.1                |
| L 13             | Filterspule          |                      | 1508 – 2.68.1               |
| L 14             | Filterspule          |                      | 1508 – 2.68.1               |
| L 15             | Filterspule          |                      | 1508 – 2.68.1               |
| L 16             | Diskriminatorspule   |                      | 1508 – 2.70.12              |

| Kenn-<br>zeichen | Benennung          | Wert                  | R&S-Sach-Nr.   |
|------------------|--------------------|-----------------------|----------------|
| L 17             | Diskriminatorspule |                       | 1508 – 2.70.13 |
| L 18             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 19             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 20             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 21             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 22             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 23             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 24             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 25             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 26             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 27             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 28             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 29             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 31             | Schwingspule       |                       | 4620 – 2.9.11  |
| L 32             | Hochfr.-Drossel    |                       | DUF 311/20     |
| L 33             | Drossel            |                       | DB 75/2        |
| R 2              | Schichtwiderstand  | 250 $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 E 250  |
| R 3              | Schichtwiderstand  | 30 k $\Omega$ /0,5 W  | WFE 321 k 30   |
| R 4              | Schichtwiderstand  | 5 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 5    |
| R 5              | Schichtwiderstand  | 1 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 1    |
| R 6              | Schichtwiderstand  | 5 k $\Omega$ /2 W     | WF 5 k/2       |
| R 7              | Schichtwiderstand  | 30 k $\Omega$ /0,3 W  | WFE 221 k 30   |
| R 8              | Schichtwiderstand  | 30 $\Omega$ /0,05 W   | WFS 20/30/0,05 |
| R 9              | Schichtwiderstand  | 60 $\Omega$ /0,3 W    | WFE 221 E 60   |
| R 10             | Schichtwiderstand  | 5 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 5    |
| R 11             | Schichtwiderstand  | 30 $\Omega$ /0,5 W    | WFE 321 E 30   |
| R 12             | Schichtwiderstand  | 1 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 1    |
| R 13             | Schichtwiderstand  | 4 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 4    |
| R 14             | Schichtwiderstand  | 1 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 1    |
| R 15             | Schichtwiderstand  | 4 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 4    |
| R 16             | Schichtwiderstand  | 20 k $\Omega$ /0,5 W  | WFE 321 k 20   |
| R 17             | Schichtwiderstand  | 30 $\Omega$ /0,5 W    | WFE 321 E 30   |
| R 18             | Schichtwiderstand  | 200 $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 E 200  |
| R 19             | Schichtwiderstand  | 10 k $\Omega$ /0,5 W  | WFE 321 k 10   |
| R 20             | Schichtwiderstand  | 1 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 1    |
| R 21             | Schichtwiderstand  | 2 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 2    |
| R 22             | Schichtwiderstand  | 1 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 1    |
| R 23             | Schichtwiderstand  | 80 k $\Omega$ /0,5 W  | WFE 321 k 80   |
| R 24             | Schichtwiderstand  | 250 k $\Omega$ /0,5 W | WFE 321 k 250  |
| R 25             | Schichtwiderstand  | 30 $\Omega$ /0,5 W    | WFE 321 E 30   |
| R 26             | Schichtwiderstand  | 100 k $\Omega$ /0,5 W | WFE 321 k 100  |
| R 27             | Schichtwiderstand  | 2 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 2    |
| R 28             | Schichtwiderstand  | 1 k $\Omega$ /0,5 W   | WFE 321 k 1    |
| R 29             | Schichtwiderstand  | 20 k $\Omega$ /0,5 W  | WFE 321 k 20   |

| Kenn-<br>zeichen | Benennung            | Wert                             | R&S-Sach-Nr.          |
|------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| R 30             | Schichtwiderstand    | 200 $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 E 200         |
| R 32             | Schichtwiderstand    | 1 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 1           |
| R 33             | Schichtwiderstand    | 5 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 5           |
| R 34             | Schichtwiderstand    | 1 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 1           |
| R 35             | Schichtwiderstand    | 5 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 5           |
| R 36             | Schichtwiderstand    | 30 k $\Omega$ /0,3 W             | WFE 221 k 30          |
| R 37             | Schichtwiderstand    | 30 k $\Omega$ /0,3 W             | WFE 221 k 30          |
| R 38             | Schicht-Drehwiderst. | 10 k $\Omega$ lin.               | WS 9122 F/10 k        |
|                  | Schichtwiderstand    | 40 k $\Omega$ /0,5 W             | WFE 321 k 40 in Serie |
| R 39             | Schichtwiderstand    | 500 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 500         |
| R 40             | Schichtwiderstand    | 1 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 1           |
| R 41             | Schichtwiderstand    | 10 k $\Omega$ /0,5 W             | WFE 321 k 10          |
| R 45             | Schichtwiderstand    | 800 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 800         |
| R 46             | Schichtwiderstand    | 600 $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 E 600         |
| R 47             | Schichtwiderstand    | 20 k $\Omega$ /0,5 W             | WFE 321 k 20          |
| R 48             | Schichtwiderstand    | 125 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 125         |
| R 49             | Schichtwiderstand    | 250 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 250         |
| R 50             | Schichtwiderstand    | 1 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 1           |
| R 53             | Schichtwiderstand    | 5 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 5           |
| R 54             | Schichtwiderstand    | 3 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 3           |
| R 55             | Schicht-Drehwiderst. | 60 $\Omega$                      | WSH 12/60             |
| R 56             | Schichtwiderstand    | 100 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 100         |
| R 57             | Schichtwiderstand    | 20 k $\Omega$ /0,5 W             | WFE 321 k 20          |
| R 58             | Schichtwiderstand    | 10 k $\Omega$ /0,5 W             | WFE 321 k 10          |
| R 60             | Schichtwiderstand    | 50 k $\Omega \pm 0,5\%$ /0,5 W   | WFE 351 k 50          |
| R 61             | Schichtwiderstand    | 12,5 k $\Omega \pm 0,5\%$ /0,5 W | WFE 351 k 12,5        |
| R 62             | Schichtwiderstand    | 7,5 k $\Omega \pm 0,5\%$ /0,5 W  | WFE 351 k 7,5         |
| R 63             | Schichtwiderstand    | 5 k $\Omega \pm 0,5\%$ /0,5 W    | WFE 351 k 5           |
| R 64             | Schichtwiderstand    | 15 M $\Omega$ /1 W               | WFE 521 M 15          |
| R 65             | Schichtwiderstand    | 1 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 1           |
| R 66             | Schichtwiderstand    | 1,6 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 1,6         |
| R 67             | Schichtwiderstand    | 125 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 125         |
| R 68             | Schichtwiderstand    | 1,6 M $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 M 1,6         |
| R 69             | Schichtwiderstand    | 200 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 200         |
| R 70             | Schichtwiderstand    | 600 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 600         |
| R 71             | Schichtwiderstand    | 1,25 k $\Omega$ /0,5 W           | WFE 321 k 1,25        |
| R 72             | Schichtwiderstand    | 100 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 100         |
| R 73             | Schichtwiderstand    | 250 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 250         |
| R 74             | Schichtwiderstand    | 100 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 100         |
| R 75             | Schichtwiderstand    | 1 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 1           |
| R 76             | Schichtwiderstand    | 2 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 2           |
| R 79             | Schichtwiderstand    | 1 k $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 k 1           |
| R 80             | Schichtwiderstand    | 1 M $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 M 1           |
| R 81             | Schichtwiderstand    | 100 k $\Omega$ /0,5 W            | WFE 321 k 100         |
| R 82             | Schichtwiderstand    | 400 $\Omega$ /0,5 W              | WFE 321 E 400         |

| Kenn-<br>zeichen | Benennung            | Wert                                           | R&S-Sach-Nr.                            |
|------------------|----------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| R 83             | Schichtwiderstand    | 10 k $\Omega$ /0,5 W                           | WFE 321 k 10                            |
| R 84             | Schichtwiderstand    | 100 k $\Omega$ /0,5 W                          | WFE 321 k 100                           |
| R 85             | Schichtwiderstand    | 800 k $\Omega$ /0,5 W<br>600 k $\Omega$ /0,5 W | WFE 321 k 800<br>WFE 321 k 600 parallel |
| R 86             | Schicht-Drehwiderst. | 100 k $\Omega$ lin.                            | WS 9126/100 k                           |
| R 90             | Abgreifb. Drahtwid.  | 10 $\Omega$ /6 W                               | WV 6/10                                 |
| R 91             | Schichtwiderstand    | 5 $\Omega$ /0,5 W                              | WFE 321 E 5                             |
| R 92             | Schicht-Drehwiderst. | 5 k $\Omega$ lin.                              | WS 9122 F/5 k                           |
| R 93             | Schichtwiderstand    | 30 k $\Omega$ /0,5 W                           | WFE 321 k 30                            |
| R 94             | Schichtwiderstand    | 500 k $\Omega$ /0,5 W                          | WFE 321 k 500                           |
| R 95             | Schichtwiderstand    | 100 k $\Omega$ /0,5 W                          | WFE 321 k 100                           |
| R 96             | Schichtwiderstand    | 20 k $\Omega$ /0,5 W                           | WFE 321 k 20                            |
| R 97             | Schichtwiderstand    | 10 k $\Omega$ /0,5 W                           | WFE 321 k 10                            |
| R 98             | Schichtwiderstand    | 4 k $\Omega$ /0,5 W                            | WFE 321 k 4                             |
| R 99             | Schichtwiderstand    | 16 k $\Omega$ /1 W                             | WFE 521 k 16                            |
| R 100            | Schichtwiderstand    | 1 M $\Omega$ /0,5 W                            | WFE 321 M 1                             |
| R 101            | Schichtwiderstand    | 200 k $\Omega$ /0,5 W                          | WFE 321 k 200                           |
| R 102            | Schichtwiderstand    | 50 $\Omega$ /0,5 W                             | WFE 321 E 50                            |
| R 103            | Drahtwiderstand      | 5 k $\Omega$ /4 W                              | WDG 5 k/4                               |
| R 104            | Schichtwiderstand    | 10 k $\Omega$ /0,5 W                           | WFE 321 k 10                            |
| R 105            | Schicht-Drehwiderst. | 25 k $\Omega$ lin.                             | WS 9126/25 k                            |
| R 106            | Schichtwiderstand    | 50 k $\Omega$ /0,5 W                           | WFE 321 k 50                            |
| R 107            | Schichtwiderstand    | 16 k $\Omega$ /1 W                             | WFE 521 k 1                             |
| RI 1             | Zwergglimmlampe      | 220 V                                          | RL 210                                  |
| Rö 1             | Pentode              |                                                | EF 800                                  |
| Rö 2             | Triode               |                                                | EC 81                                   |
| Rö 3             | Pentode              |                                                | EF 800                                  |
| Rö 4             | Pentode              |                                                | EF 800                                  |
| Rö 5             | Pentode              |                                                | EF 800                                  |
| Rö 6             | Pentode              |                                                | EF 800                                  |
| Rö 7             | Pentode              |                                                | EF 804 S                                |
| Rö 8             | Pentode              |                                                | EF 800                                  |
| Rö 9             | Pentode              |                                                | EF 804 S                                |
| Rö 10            | Pentode              |                                                | EF 804 S                                |
| Rö 11            | Pentode              |                                                | EF 800                                  |
| Rö 12            | Pentode              |                                                | EF 800                                  |
| Rö 13            | End-Pentode          |                                                | PL 81                                   |
| Rö 14            | Pentode              |                                                | EF 804 S                                |
| Rö 15            | Stabilisator         |                                                | 85 A 2                                  |
| RsT              | Thermorelais         |                                                | RLS 301/1                               |
| S 1              | Spulenschaltetrommel |                                                | 4620 – 1.4                              |
| S 2              | Scheibenschalter     |                                                | SRN 314/32                              |

| Kenn-<br>zeichen | Benennung          | Wert   | R&S-Sach-Nr.                       |
|------------------|--------------------|--------|------------------------------------|
| S 3              | Scheibenschalter   |        | SRN 311/32                         |
| S 4              | Scheibenschalter   |        | SRN 311/32                         |
| S 5              | Scheibenschalter   |        | SRN 311/32                         |
| S 6              | Netzschalterkomb.  |        | SRK 1 U                            |
| S 7              | Spannungswähler    |        | FD 60515                           |
| S 8              | Drucktaste         |        | SR 613/2<br>mech. gekuppelt m. S 1 |
| Si 1             | Schmelzeinsatz     | 1 A    | M 1 C DIN 41571                    |
| Si 2             | Schmelzeinsatz     | 100 mA | M 0,1 C DIN 41571                  |
| Tr 1             | Ausgangsübertrager |        | 4620 – 3.14                        |
| Tr 2             | Netztransformator  |        | 4620 – 3.15/2                      |

INSTRUCTION BOOK

**FREQUENCY DEVIATION METER**

**Type FMV**

**BN 4620**

Note: Always quote the Type and Order Number (BN) in addition to the Serial Number (FNr.) of the set when asking for technical information and, in particular, when ordering repair parts.

## Table of Contents

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. Specifications</b>                                                                     | 27 |
| <b>2. Uses</b>                                                                               | 29 |
| <b>3. Preparation for Use</b>                                                                | 30 |
| 3.1 Adjusting the Instrument to the Local AC Supply Voltage                                  | 30 |
| 3.2 Connectors                                                                               | 30 |
| 3.3 Setting the Mechanical Zero on the Meters                                                | 31 |
| 3.4 Switching On                                                                             | 31 |
| 3.5 Calibration I, Relative Centre-frequency Error                                           | 31 |
| 3.6 Calibration II, Frequency Deviation                                                      | 32 |
| 3.7 Checking the Calibration of the Frequency Deviation by<br>Measuring the Modulation Index | 32 |
| <b>4. Measuring</b>                                                                          | 34 |
| 4.1 Adjusting the Frequency                                                                  | 34 |
| 4.2 Measuring the Relative Centre-frequency Error                                            | 34 |
| 4.3 Measuring the Frequency Deviation                                                        | 35 |
| 4.4 Measuring the Phase Deviation                                                            | 35 |
| 4.5 Measuring the Frequency Response of the Modulation                                       | 36 |
| 4.6 Measuring the Percentage Modulation                                                      | 36 |
| 4.7 Measuring the Distortion (with FM only)                                                  | 36 |
| 4.8 Measuring the Signal-to-noise Ratio                                                      | 37 |
| 4.9 Measurement above 300 MHz                                                                | 37 |
| <b>5. Description</b>                                                                        | 38 |
| 5.1 Function                                                                                 | 38 |
| 5.2 Construction                                                                             | 39 |
| <b>6. Replacement of Valves</b>                                                              | 41 |
| <b>7. Table of Replaceable Parts</b>                                                         | 42 |
| <b>Circuit Diagram</b>                                                                       | 49 |

## 1. Specifications

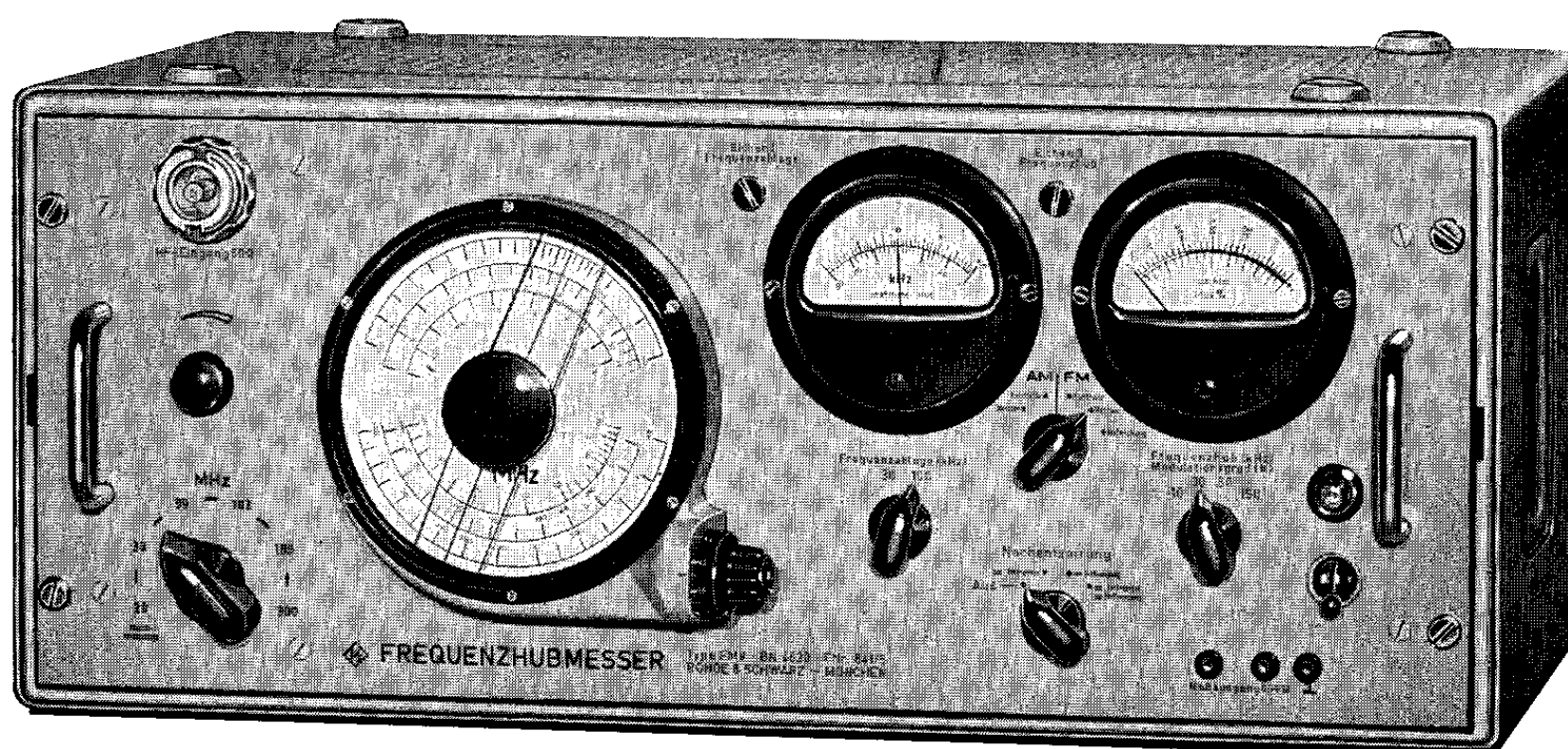
|                                                                      |                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Frequency range . . . . .                                            | 20 to 300 MHz;<br>up to 600 MHz by mixing the input signal<br>with harmonics of the Type FMV oscillator<br>frequency |
| Sub-ranges . . . . .                                                 | 20 to 33/59/102/185/300 MHz                                                                                          |
| Accuracy . . . . .                                                   | $\pm 1\%$                                                                                                            |
| Indicating ranges for relative<br>centre-frequency error . . . . .   | -30 to +30 kHz<br>-100 to +100 kHz                                                                                   |
| Accuracy . . . . .                                                   | $\pm 2\%$ , after calibration                                                                                        |
| Ranges of indication<br>for frequency deviation . . . . .            | 0 to 10/30/60/150 kHz                                                                                                |
| Accuracy . . . . .                                                   | $\pm 4\%$ , after calibration                                                                                        |
| Accuracy of the built-in frequency<br>deviation standard . . . . .   | $\pm 1\%$                                                                                                            |
| Ranges of indication for the<br>AM modulation depth . . . . .        | 0 to 10/30%                                                                                                          |
| Accuracy . . . . .                                                   | $\pm 10\%$                                                                                                           |
| Frequency range of the modulation . . .                              | 30 Hz to 15 kHz;<br>up to 60 kHz with an accuracy of $\pm 10\%$<br>for frequency deviation indication                |
| De-emphasis . . . . .                                                | 50 $\mu$ sec, selectable for indication, test out-<br>put, or indication + test output                               |
| VHF input . . . . .                                                  | R&S connector Dezifix B,<br>adaptable to other plug and<br>socket systems, see page 31                               |
| Input impedance . . . . .                                            | approx. 60 $\Omega$                                                                                                  |
| Input voltage requirement<br>for frequency-deviation measurement . . | 10 to 50 mV                                                                                                          |
| for modulation-depth measurement . . .                               | 20 to 100 mV<br>the input voltage requirement for<br>frequencies from 300 to 600 MHz<br>is about 10 times as great   |
| Maximum input voltage . . . . .                                      | 2.5 V                                                                                                                |
| Test output . . . . .                                                | telephone jacks                                                                                                      |

|                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Output impedance . . . . .                                                                                                                       | less than 30 $\Omega$ from 30 Hz to 3 kHz<br>less than 150 $\Omega$ from 3 to 15 kHz                                                                                                                                                                       |
| Output voltage in each AM and FM<br>range of indication at full-scale<br>deflection of the meter . . . . .                                       | approx. +6 dB                                                                                                                                                                                                                                              |
| Frequency response of the output voltage<br>from 30 Hz to 15 kHz . . . . .                                                                       | flat within 5% when operating<br>into more than 600 $\Omega$                                                                                                                                                                                               |
| from 15 to 60 kHz . . . . .                                                                                                                      | -30% to +5% when operating<br>into 600 $\Omega$                                                                                                                                                                                                            |
| Inherent distortion when operating into<br>more than 600 $\Omega$ (at modulation frequen-<br>cies below 15 kHz)<br>without de-emphasis . . . . . | less than 0.5% at a frequency<br>deviation of 75 kHz<br>less than 1% at a frequency<br>deviation of 150 kHz                                                                                                                                                |
| with de-emphasis . . . . .                                                                                                                       | less than 0.3% at a frequency<br>deviation of 75 kHz<br>less than 0.5% at a frequency<br>deviation of 150 kHz                                                                                                                                              |
| Inherent spurious<br>frequency deviation . . . . .                                                                                               | less than 15 Hz corresponding to<br>74 dB referred to 75-kHz frequency<br>deviation in the frequency range<br>below 225 MHz<br>less than 25 Hz corresponding to<br>70 dB referred to 75-kHz frequency<br>deviation in the frequency range<br>above 225 MHz |
| Inherent spurious<br>amplitude modulation . . . . .                                                                                              | less than 0.05%                                                                                                                                                                                                                                            |
| Incidental amplitude modulation at a<br>frequency deviation of 75 kHz . . . . .                                                                  | less than 1%                                                                                                                                                                                                                                               |
| Power supply . . . . .                                                                                                                           | 115/125/220/235 V $\pm 10\%$<br>47 to 63 Hz (75 VA)                                                                                                                                                                                                        |
| Valves, etc. . . . .                                                                                                                             | 1 valve EC 81<br>8 valves EF 800<br>4 valves EF 804 S<br>1 valve PL 81<br>1 reference tube 85 A 2<br>1 miniature glow lamp 220 V<br>1 1-A fuse (M 1 C DIN 41571)<br>1 0.1-A fuse (M 0.1 C DIN 41571)                                                       |
| Dimensions . . . . .                                                                                                                             | 540 x 234 x 378 mm<br>(R&S Standard Cabinet 56)                                                                                                                                                                                                            |
| Weight . . . . .                                                                                                                                 | 27 kg                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Accessory</b> . . . . .                                                                                                                       | 1 connecting cable LK 333                                                                                                                                                                                                                                  |

## 2. Uses

The Frequency Deviation Meter Type FMV is a test demodulator used to monitor frequency modulated transmitters. It may be employed for measurements in development work and production as well as for programme monitoring. The frequency range of this instrument covers the entire VHF band. The following measurements can be carried out with the Type FMV:

- a) Measurement of the static modulation characteristics by determining the centre-frequency error.
- b) Measurement of the carrier drift due to modulation or supply voltage fluctuations.
- c) Measurement of the frequency deviation (0 to 150 kHz) at modulation frequencies between 30 Hz and 15 kHz (or up to 60 kHz with reduced accuracy).
- d) Measurement of the frequency response of the modulation and checking the characteristics of the standard pre-emphasis.
- e) Measurement of the amplitude modulation up to 30% and of the incidental amplitude modulation of FM transmitters.



When using additional equipment, it is furthermore possible to measure:

- f) Non-linear distortion of modulation (with Distortion Meter Type FTZ BN 4816).
- g) Hum and spurious modulation of a transmitter (with AF Millivoltmeter Type UVN BN 12003).

### 3. Preparation for Use

#### 3.1 Adjusting the Instrument to the Local AC Supply Voltage

The Frequency Deviation Meter Type FMV leaves the factory adjusted for operation from an AC supply voltage of 220 V. To adapt it for operation from 115, 125 or 235 V, it is necessary to loosen the cheese-head screws at the left and right-hand edges of the front panel, to withdraw the chassis from its cabinet and to insert a suitable fuse into the pair of clips marked on the fuse strip over the power transformer to correspond with the local AC supply. The 1-amp fuse used for 220 V is also suitable for 235 V. For 115 and 125 V, use a 2-amp fuse. The anode supply fuse, also located above the power transformer, must be suited for 100 mA regardless of the AC supply voltage.

AC supply fluctuations up to  $\pm 10\%$  can be tolerated. In this case, the specified accuracy of the instrument will still be maintained. In case of larger under- or over-voltages, it is necessary to connect a suitable voltage regulator ahead of the instrument.

#### 3.2 Connectors

The connection of the AC supply is made with the cable LK 333 supplied with the instrument. The mating plug of the Type FMV is on the rear. The input of the Type FMV is equipped with a Dezifix B connector unless otherwise specified in the order. In this case the coaxial connecting cable must also have a connector of this type. However, the input of the Type FMV offers the remarkable advantage of being adaptable to other plug and socket systems. At present the screw-in assemblies mentioned in the following table are available. It is very easy to make the required adaptation: Unscrew the outer conductor of the Dezifix connector with the wrench Type FZM 10900 available from R&S and the inner conductor with a 4-mm screwdriver. Then insert the inner and the outer conductor of the respective screw-in assembly. We recommend that Dezifix connectors and screw-in assemblies be carefully handled and stored since even slight mechanical damages may impair their electrical characteristics. Other test equipment, such as used for frequency-response and distortion measurements, can be connected at the lower right-hand corner of the front panel. The left and centre jacks of the TEST OUTPUT are floating, the right-hand one serves to connect the cable shielding. The characteristics of the test output are set forth on page 28.

| Desired Connector at Input         | Screw-in Assembly Order No. |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 50-Ω socket series UHF             | FHD 10900/50                |
| 50-Ω plug series UHF               | FHS 10900/50                |
| 50-Ω socket series N               | FHD 20900/50                |
| 50-Ω plug series N                 | FHS 20900/50                |
| 50-Ω socket series C               | FHD 30900/50                |
| 50-Ω plug series C                 | FHS 30900/50                |
| 50-Ω socket series BNC             | FHD 40900/50                |
| 50-Ω plug series BNC               | FHS 40900/50                |
| 50-Ω RF socket 4,1/9,5             | FID 20900/50                |
| 50-Ω RF plug 4,1/9,5               | FIS 20900/50                |
| 50-Ω RF socket 7/16                | FID 40900/50                |
| 50-Ω RF plug 7/16                  | FIS 40900/50                |
| 60-Ω RF socket 3,5/9,5 DIN 47281   | FID 20900/60                |
| 60-Ω RF plug 3,5/9,5 DIN 47281     | FIS 20900/60                |
| 60-Ω RF socket 6/16 DIN 47282      | FID 40900/60                |
| 60-Ω RF plug 6/16 DIN 47282        | FIS 40900/60                |
| 50-Ω connector General-Radio 874 B | FLA 20900/50                |
| 50-Ω connector Marconi H 4         | FLB 20900/50                |

### 3.3 Setting the Mechanical Zero on the Meters

With the instrument switched off, the pointers of the two meters should be at the mechanical zero, that is, at 0 kHz on each scale. The slotted screw recessed in the meter housing serves to correct the zero.

### 3.4 Switching On

The toggle switch in the lower right-hand corner of the front panel serves to switch on the Type FMV. The glow lamp above this switch indicates the presence of AC supply voltage. The instrument is ready for operation after a warm-up period of about 1 minute; in order to obtain the specified accuracy it is, however, advisable to allow a warm-up period of about half an hour.

### 3.5 Calibration I, Relative Centre-frequency Error

This requires the following settings:

- Put frequency range switch (lower left-hand corner) to CALIBRATION I.
- Throw centre-frequency error range switch to the 100-kHz range.
- Bring AM/FM switch (between the meters) to the position FM CARRIER.

- d) Adjust transparent cursor in the range covering 10.7 MHz until the pointer of the left-hand meter rests at a relative centre-frequency error of 0 kHz; read the frequency from the scale accurately. Correct tuning is evidenced if, upon a slight change of the tuning control, the meter pointer deflects to the left or right of its mid-position. It does not matter whether or not it was necessary to set the frequency scale exactly to 10.7 MHz, i. e. to the intermediate frequency of the Type FMV, to obtain a 0-kHz reading of the centre-frequency error. The long-time stability of the oscillator in the Type FMV is not very high and the purpose of this calibration is merely to check the relative centre-frequency error.
- e) If the setting of the frequency scale is increased by exactly 0.1 MHz, the pointer of the meter should deflect to a relative centre-frequency error of 100 kHz. The same holds when lowering the frequency setting by 0.1 MHz. If a 100-kHz deflection is not obtained at this relative frequency change of 0.1 MHz, this deflection must be brought about by a corresponding adjustment of the control CALIBRATION I at the upper left-hand side of the meter.

### 3.6 Calibration II, Frequency Deviation

This calibration must be preceded by calibration I and is made as follows:

- a) Put AM/FM switch to CALIBRATION II/40 kHz. This will cut in the built-in frequency deviation standard which, on 10.7 MHz at a modulation frequency of 50 Hz, delivers a rectangular deviation corresponding to a sinusoidal frequency deviation of 40 kHz.
- b) Throw the range switch (below the right-hand meter) to the frequency deviation range of 60 kHz and adjust the control CALIBRATION II (at the upper left-hand side of the right-hand meter) until the meter indicates 40 kHz. The switches provided for the frequency range, REL. CENTRE-FREQUENCY ERROR and DE-EMPHASIS, may be in any of their positions.

Absolute checking of the frequency deviation is possible by measuring the modulation index as described below.

### 3.7 Checking the Calibration of the Frequency Deviation by Measuring the Modulation Index

The absolute check of the frequency deviation by determining the modulation index is based on the fact that the amplitude of the carrier disappears at certain modulation indices and thus becomes zero. The modulation index is defined as the ratio of the

frequency deviation to the modulation frequency. The respective modulation index can be computed for the various zeros with the aid of Bessel's functions. At a constant modulation frequency of, say, 5 kHz and an increasing frequency deviation, this calculation gives the following zeros:

1. Zero of the carrier at a deviation of 12.02 kHz
2. Zero of the carrier at a deviation of 27.60 kHz
3. Zero of the carrier at a deviation of 43.27 kHz
4. Zero of the carrier at a deviation of 58.90 kHz
5. Zero of the carrier at a deviation of 74.70 kHz
6. Zero of the carrier at a deviation of 90.40 kHz

The measurement requires a receiver permitting very selective reception of the carrier. The bandwidth of the receiver should be about 1 kHz at a modulation frequency of 5 kHz (IF crystal filter). A receiver having a local oscillator for A1 operation would be very well suited as this facilitates monitoring the transmitter frequency when it changes somewhat due to modulation or other influences during the measurement. If now the frequency deviation of the transmitter is increased slowly (with the modulation frequency of 5 kHz kept constant) beginning at zero, the first zero of the carrier is obtained at a frequency deviation of 12.02 kHz. The carrier returns if the frequency deviation is further increased and disappears once again at a deviation of 27.6 kHz. This method allows checking the calibration of the Type FMV at a number of points with the accuracy of the modulation frequency.

## 4. Measuring

Please make sure for all measurements that the voltage applied to the input of Type FMV does not exceed 2.5 V. Otherwise the input voltage control, R55, might be damaged.

### 4.1 Adjusting the Frequency

Because of the wide-band input, each frequency can be tuned to two different points on the scale,  $2 \times 10.7$  MHz apart. If in the ranges 20 to 185 MHz the frequency of the transmitter is not known to a certain approximation, then it is necessary to tune to the higher of the two possible settings; in the range 185 to 300 MHz tune to the lower of the two possible settings. Where this rule is adhered to, the relative centre-frequency error of the transmitter will be indicated on the Type FMV with the correct sign.

For precise tuning to the transmitter frequency, refer to the meter indicating the relative centre-frequency error. During tuning, the pointer of the meter will first deflect in one direction, then return, pass through zero to the other side and finally return to zero. Correct tuning is ensured when the pointer is at zero. A negative centre-frequency error of the transmitter is indicated by a clockwise deflection, a positive error by a counterclockwise deflection.

### 4.2 Measuring the Relative Centre-frequency Error

The Type FMV offers direct measurement of small relative changes in the carrier frequency of a transmitter, such as are due to modulation, AC supply fluctuations or changes in coupling. For example, a frequency change of the order of  $\pm 0.001\%$  (corresponding to a centre-frequency error of  $\pm 2$  kHz) at a carrier frequency of 200 MHz is still indicated directly. Naturally, it is possible to make only short-time measurements since the long-time stability of the local oscillator of the Type FMV is not very good.

First tune accurately to the transmitter frequency by referring to 4.1. It is advisable to select the range for a centre-frequency error of 30 kHz. Put the AM/FM switch to the position FM CARRIER and adjust the input-voltage control (centre left-hand side) until the pointer of the right-hand meter is within the long green check mark. Where this is impossible, increase or decrease the transmitter voltage. Dependent on what is to be measured, the transmitter should subsequently be, say, modulated or its supply

voltage be varied. Next put the centre-frequency error control of the Type FMV to a suitable range (0 to 30 or 0 to 100 kHz) and read the frequency change from the left-hand meter.

### 4.3 Measuring the Frequency Deviation

First tune to the transmitter frequency by referring to 4.1. It is advisable to select the range for a centre-frequency error of 30 kHz and to tune exactly to 0 kHz, for it must be ensured, in particular with a large frequency deviation, that the middle straight section of the discriminator characteristic remains balanced. Put the AM/FM switch to FM CARRIER and adjust the input voltage control (centre left-hand side) until the pointer of the right-hand meter is within the long green check mark. Now throw the AM/FM switch to FM CHECK, the switch DE-EMPHASIS to OFF, select a suitable range of frequency deviation (0 to 10/30/60/150 kHz) with the switch FREQUENCY DEVIATION/PER CENTAGE MODULATION and read the frequency deviation from the right-hand meter. Amplitude modulation up to 30% present at the same time will have no detrimental effect on the frequency-deviation reading.

Due to the high sensitivity of the indication for the frequency deviation, it is possible to determine a spurious frequency modulation down to about 200 Hz directly. Still smaller spurious deviations can be measured with a microvoltmeter connected to the TEST OUTPUT (the R&S Millivoltmeter Type UVN BN 12003 is a suitable instrument). The measurement is made in two steps: First, modulate the transmitter so that the Type FMV reads a larger deviation (say, 60 kHz) and read the voltage corresponding to this deviation (say, 1.5 V) from the Type UVN. This gives a measure of the voltage per one cycle of frequency deviation. Now remove the modulation from the transmitter and read the voltage on the Type UVN which corresponds to the spurious modulation. The voltage ratio then gives the spurious deviation in cycles per second. In this way it is possible to read frequency deviations down to less than 50 Hz, i. e. down to the level of the inherent spurious voltages of the Type FMV.

### 4.4 Measuring the Phase Deviation

The phase deviation  $\Delta\psi$  of a transmitter can also be measured with the Type FMV. Although it is not directly indicated like the frequency deviation  $\Delta f$ , it can be determined for the given or selected modulation frequency  $f_m$  from

$$\Delta\psi = \frac{\Delta f}{f_m}$$

As in the frequency-deviation measurement, the lower limit of phase deviation measurable without additional equipment is determined by the lowest deviation range (10 kHz). The measurement range can be extended towards lower values if the output voltage of the Type FMV is measured with an external voltmeter, as recommended in section 4.3 for the measurement of spurious modulation.

#### **4.5 Measuring the Frequency Response of the Modulation**

Since the frequency-deviation indication is proportional to the AF voltage, it is possible to make a frequency-response measurement and to determine the frequency deviation at the same time. Likewise possible is a comparison between the pre-emphasis of a transmitter and the standard de-emphasis of 50  $\mu$ sec obtainable in the Type FMV. A switch makes the de-emphasis of the Type FMV appear at the meter, at the test output or at the meter and test output at the same time. Furthermore, the de-emphasis can be switched off. This switchover feature enables various measurements to be made with the Type FMV. For the settings on the Type FMV refer to what has been said in the foregoing sections.

#### **4.6 Measuring the Percentage Modulation**

To measure the percentage modulation, first tune to the frequency of the transmitter in question by referring to 4.1, throw the switch DE-EMPHASIS to OFF, the AM/FM switch to AM CARRIER and adjust the input voltage control until the pointer of the right-hand meter is within the blue calibration mark AM. If necessary, the output voltage of the transmitter under test should be varied until this adjustment is possible. Next switch to AM CHECK, select a suitable range for percentage modulation (0 to 10/30/60%) and read the percentage of modulation from the right-hand meter. It should be borne in mind that the specified accuracy holds only for modulation up to 30%. When measuring the incidental amplitude modulation of an FM transmitter, it is important to tune for a relative centre-frequency error of 0 kHz since otherwise the percentage modulation would appear to be greater.

#### **4.7 Measuring the Distortion (with FM only)**

This requires the same adjustments on the Type FMV as does a frequency-deviation measurement according to 4.3. It is then necessary to tune for a centre-frequency error of 0 kHz as accurately as possible, especially with large frequency deviations. Set the DE-EMPHASIS switch to the required position. Connect a distortion meter to

the TEST OUTPUT after terminating the latter with  $600\ \Omega$ . A useful instrument for distortion measurement is the R&S Distortion Meter Type FTZ BN 4816 for the four frequencies of 40, 1000, 5000 and 15,000 Hz.

#### **4.8 Measuring the Signal-to-noise Ratio**

Here also, the Type FMV should be adjusted as set forth under 4.3 for frequency-deviation measurement. If the transmitter operates with pre-emphasis, it is necessary to cut in the de-emphasis of the Type FMV. First measure the voltage level at the TEST OUTPUT with the transmitter normally modulated, e. g. with a deviation of 75 kHz, and next with the transmitter unmodulated. In this case, terminate the test output with  $600\ \Omega$ . The signal-to-noise ratio can then be stated as a voltage ratio or, what is more common, in level values (dB).

#### **4.9 Measurement above 300 MHz**

The Type FMV permits frequency deviation and percentage modulation to be measured at frequencies beyond its nominal frequency range, by mixing the 2nd harmonic of the oscillator with the input frequency to obtain the intermediate frequency of 10.7 MHz. In this kind of measurement, the sensitivity of the Type FMV is somewhat lower; a measurement a 600 MHz requires about 10 times the value of the input voltage to give a pointer deflection required for calibration, when the input voltage control is fully advanced. Please make sure that the maximum permissible input voltage of 2.5 V is not exceeded.

## 5. Description

### 5.1 Function (see circuit diagram)

The RF signal passes via the high-pass filter C1 – C2 – L1 – C3 and the input voltage control R55 to the input of the mixer RÖ1, without further selective circuits. The high-pass filter suppresses all input frequencies below 20 MHz and, in particular, keeps frequencies which are within the IF bandwidth of 10.7 MHz  $\pm$  150 kHz away from the input of the mixer.

The heterodyning voltage is produced in the separate local oscillator RÖ2 and applied to the cathode of the mixer. In the frequency range 20 to 185 MHz, the local-oscillator frequency is higher than the input frequency; in the range 185 to 300 MHz, it is lower than the input frequency.

Because of the wideband input, the image-frequency signal and the desired signal, which are 2 x 10.7 MHz apart, are of the same amplitude. In the range 20 to 185 MHz the correct frequency is that of the higher signal, in the range 185 to 300 MHz, it is that of the lower signal.

Apart from the five frequency ranges covering 20 to 300 MHz with the coils L3 to L7, the oscillator has another frequency range in the IF band 10.4 to 11.0 MHz, the associated circuit being L2 – C16. This range is used for calibration of the meter J1, which indicates a relative centre-frequency error of up to 100 kHz.

The mixer is followed by two IF amplifier stages, RÖ3 – RÖ4, and two limiter stages, RÖ5 – RÖ6. The time constant of the limiter is so small that even a spurious amplitude modulation of high frequency, e. g. pulses, is eliminated. In the switch position FM CARRIER, the grid current of the limiter RÖ5 is indicated by the meter J2; this permits checking the input amplitude.

The second limiter is followed by two crystal diodes G12–G13 used as a wideband discriminator which, similarly to the entire IF section, has been designed for minimum distortion. The DC voltage present at the discriminator serves to indicate the relative centre-frequency error on the meter J1. The cathode follower RÖ7 acts as an impedance transformer and, for the four frequency-deviation ranges, applies the AF voltage to the voltage divider R60 to R63 operated by S4F.

For the measurement of percentage modulation, the IF voltage after the first IF valve RÖ3 is rectified by G11, and the AF voltage is applied via the cable K6, switch S21R

and K7, to the voltage divider controlled by S4F. The DC voltage present after G11 is a measure of the RF signal amplitude and is indicated by the meter J2 in the switch position AM CARRIER. The input voltage control R55 serves to bring the RF amplitude to the value required for AM CHECK.

The two stages R 9 – R 10, operating with negative feedback, and the cathode follower R 11, with the output transformer Tr1, amplify the FM and AM modulation voltage for the TEST OUTPUT. For indication of the frequency deviation and percentage modulation, the AF output signal of R 10 is applied to the cathode follower R 12 where it is rectified by G15 and indicated by J2.

The standard deviation oscillator R 8, which operates on the intermediate frequency, is put into operation when switch S2 is thrown to CALIBRATION II/40 kHz. The 50-Hz current flowing in the frequency deviation standard through the diode G14 controls this valve so that it functions for each period like a switch; this places the capacitance C65 in the rhythm of the supply frequency across the tank circuit, which produces a rectangular frequency deviation corresponding to a peak frequency deviation of 40 kHz at sinusoidal modulation. The frequency jump depends entirely on the capacitance ratio. The stability of the frequency deviation is very good ( $\pm 1\%$ ) even in the case of large AC supply fluctuations.

The primary circuit of the power supply has been designed for the four AC supply voltages of 115 V, 125 V, 220 V and 235 V. The anode-supply voltage for all stages is regulated by the valves R 13 – R 14 – R 15, R 13 being the series regulator valve, R 14 the control valve for R 13, and R 15 a reference tube which maintains a constant voltage on the grid of R 14. The stages responsive to hum, R 1 – R 2 – R 7 – R 9 – R 10, are heated with direct current from rectifier G16 with R 90 – C88.

## 5.2 Construction

The mixer R 1 and oscillator R 2 are incorporated in a housing which is sealed against RF leakage by a plate tightened by 10 screws. A backlash-free coupling device is between the scale drive and the shaft of the variable capacitor in the oscillator circuit. The coil turret of the oscillator is rotated by the range control operating via gears. The IF section with the stages R 3, R 4, R 5, R 6 and R 7 is arranged at the rear. Cable K2 connects the output of the mixer (L8) to the IF section. All other connections to the IF section are made through two multipoint connectors. For repair work, the IF section can easily be removed from the instrument.

The deviation standard with R<sub>ö8</sub> plugs into the IF section. The power supply with Tr<sub>2</sub>, R<sub>ö13</sub>, R<sub>ö14</sub>, R<sub>ö15</sub> mounts on the right-hand side. The AC supply fuse Si<sub>1</sub> on the fuse strip S<sub>7</sub> and the anode-supply fuse Si<sub>2</sub> are above the power transformer Tr<sub>2</sub>. The remaining space on the intermediate panel is occupied by the AF section with R<sub>ö9</sub>, R<sub>ö10</sub>, R<sub>ö11</sub> and Tr<sub>1</sub>.

All operating controls and the two meters are on the front panel: The coaxial input connector Dezifix B is in the upper left-hand corner; below it is the control R<sub>55</sub> as well as the frequency range switch for the five ranges 20 to 300 MHz and for another position CALIBRATION I (range 10.4 to 11.0 MHz) which is used to calibrate the meter I<sub>1</sub> reading the relative centre-frequency error between 0 and  $\pm 100$  kHz. The frequency dial has a coarse drive (in the centre) and a 1 : 100 vernier drive with a rotatable 100-division dial ring.

The left-handmeter (J<sub>1</sub>) indicates the relative centre-frequency error, the right-hand one (J<sub>2</sub>) reads the input voltage, the frequency deviation at frequency modulation and the percentage modulation at amplitude modulation. The associated range switches are below the meters: S<sub>3</sub> for a relative centre-frequency error of 0 to  $\pm 30/\pm 100$  kHz, S<sub>4F</sub> for a frequency deviation of 0 to 10/30/60/150 kHz and a percentage modulation of 0 to 10/30%. The scales of the right-hand meter hold for kilocycles and percent. The controls R<sub>105</sub> and R<sub>86</sub> for calibration of the relative centre-frequency error and frequency deviation, respectively, are above the associated meters. The switch S<sub>2</sub> with its five positions AM CARRIER, AM CHECK, FM CARRIER, FM CHECK, and CALIBRATION II is located between the two meters. Below this switch is S<sub>5</sub> for the de-emphasis (50  $\mu$ sec). In the first position of S<sub>5</sub>, the de-emphasis is OFF; in the other positions the de-emphasis is either DE TO METER, DE TO TEST OUTPUT or DE TO METER AND TEST OUTPUT. Three telephone jacks for the test output are provided in the lower right-hand corner. The left and centre ones are floating and connected to the output transformer Tr<sub>1</sub> whereas the right-hand one is earthed.

The power switch S<sub>6I</sub> (combined with the short-circuit switch S<sub>6II</sub> for J<sub>2</sub>) and the glow lamp R<sub>11</sub>, which is the voltage indicator connecting to the primary winding of Tr<sub>2</sub>, are at the right. The handles at the left and right facilitate withdrawing the chassis from its cabinet. The front panel is secured to the cabinet by 4 cheese-head screws at the left and right edges. The steel cabinet has a carrying handle on each side and is protected during transportation by a steel lid covering the front panel. It is also possible to insert the set into a German standard rack 520 DIN 41491.

## 6. Replacement of Valves

The valves RÖ3 to RÖ15 are readily accessible after removing the chassis from its cabinet and can be replaced by new valves of the same type without affecting the performance and accuracy of the instrument. The two valves RÖ1 = EF 800 and RÖ2 = EC 81, the mixer and oscillator, are in the housing which is sealed by a plate secured by 10 screws and mounts behind the frequency dial. The mixer valve RÖ1 is readily replaceable. Replacing the oscillator valve may result in a change in frequency accuracy by about 2%. However, the original accuracy of  $\pm 1\%$  can be reached by selecting a suitable valve having the same characteristics as the original one. For checking the frequency calibration, we recommend the R&S Frequency Meter Type WIK BN 4421.

## 7. Table of Replaceable Parts

| Ref. No. | Designation                      | Ratings         | R&S Stock No.                   |
|----------|----------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| C 1      | Capacitor, synth. foil           | 200 pF/500 V    | CKD 2/200/500                   |
| C 2      | Capacitor, synth. foil           | 500 pF/125 V    | CKD 2/500/125                   |
| C 3      | Capacitor, synth. foil           | 200 pF/500 V    | CKD 2/200/500                   |
| C 4      | Capacitor, feed-through, ceramic | 2000 pF         | CFS 2000                        |
| C 5      | Capacitor, mica                  | approx. 80 pF   | incl. in 4620 – 1.6             |
| C 6      | Capacitor, mica                  | approx. 4 pF    | incl. in 4620 – 1.1             |
| C 7      | Capacitor, variable              |                 | 4620 – 1.1                      |
| C 8      | Capacitor, mica                  | approx. 12 pF   | incl. in 4620 – 1.1             |
| C 9      | Capacitor, mica                  | approx. 4 pF    | incl. in 4620 – 1.1             |
| C 10     | Capacitor, feed-through, ceramic | 2000 pF         | CFS 2000                        |
| C 11     | Capacitor, ceramic               | 74 pF           | CCH 31/47<br>CCH 31/27 parallel |
| C 12     | Trimmer, air                     | 4 to 29 pF      | CV 8025                         |
| C 13     | Capacitor, paper                 | 10,000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 14     | Capacitor, feed-through, ceramic | 2000 pF         | CFS 2000                        |
| C 15     | Capacitor, feed-through, ceramic | 2000 pF         | CFS 2000                        |
| C 16     | Capacitor, ceramic               | 138 pF          | CCH 31/82<br>CCH 31/56 parallel |
| C 17     | Trimmer, air                     | 4 to 29 pF      | CV 8025                         |
| C 18     | Capacitor, ceramic               | 56 pF           | CCH 31/56                       |
| C 19     | Capacitor, ceramic               | 1 pF            | CCG 21/1                        |
| C 20     | Capacitor, paper                 | 10,000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 21     | Trimmer, air                     | 4 to 29 pF      | CV 8025                         |
| C 22     | Capacitor, paper                 | 10,000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 23     | Trimmer, air                     | 4 to 29 pF      | CV 8025                         |
| C 24     | Capacitor, paper                 | 10,000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 26     | Capacitor, ceramic               | 22 pF           | CCH 31/22                       |
| C 27     | Capacitor, paper                 | 10,000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 28     | Capacitor, paper                 | 10,000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 29     | Trimmer, air                     | 4 to 29 pF      | CV 8125                         |
| C 30     | Capacitor, ceramic               | 22 pF           | CCG 68/22                       |
| C 31     | Capacitor, paper                 | 10,000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 32     | Capacitor, paper                 | 10,000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 35     | Trimmer, air                     | 4 to 29 pF      | CV 8125                         |
| C 36     | Trimmer, air                     | 4 to 29 pF      | CV 8125                         |
| C 37     | Capacitor, paper                 | 10,000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 38     | Capacitor, ceramic               | 47 pF           | CCH 31/47                       |
| C 39     | Trimmer, air                     | 4 to 29 pF      | CV 8125                         |
| C 40     | Capacitor, paper                 | 10,000 pF/250 V | CPK 58003 n 10                  |
| C 41     | Capacitor, ceramic               | 68 pF           | CCH 31/68                       |

| Ref. No. | Designation                                | Ratings                             | R&S Stock No.                              |
|----------|--------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| C 42     | Trimmer, air                               | 4 to 29 pF                          | CV 8125                                    |
| C 43     | Capacitor, ceramic                         | 100 pF                              | CCH 68/100                                 |
| C 44     | Capacitor, ceramic                         | 100 pF                              | CCH 68/100                                 |
| C 45     | Capacitor, paper                           | 100,000 pF/250 V                    | CPK 58004 n 100                            |
| C 49     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 50     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 51     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 100 pF                              | CFR 2/100                                  |
| C 52     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 53     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 54     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 55     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 56     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 57     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 58     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 59     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 60     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 100 pF                              | CFR 2/100                                  |
| C 61     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 100 pF                              | CFR 2/100                                  |
| C 62     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 63     | Capacitor, feed-through, ceramic           | 2000 pF                             | CFS 2000                                   |
| C 65     | Trimmer, air                               | 4 to 29 pF                          | CV 8125                                    |
| C 66     | Capacitor, ceramic                         | 68 pF                               | CCH 31/68                                  |
| C 67     | Trimmer, air                               | 4 to 29 pF                          | CV 8125                                    |
| C 68     | Capacitor, ceramic                         | 22 pF                               | CCH 31/22                                  |
| C 69     | Capacitor, ceramic                         | 150 pF                              | CCH 68/150                                 |
| C 70     | Capacitor, ceramic                         | 150 pF                              | CCH 68/150                                 |
| C 72     | Capacitor, paper                           | 100,000 pF/250 V                    | CPK 58004 n 100                            |
| C 73     | Capacitor, ceramic                         | 100 pF                              | CCH 68/100                                 |
| C 74     | Capacitor, MP                              | 0.5 pF/250 V                        | CMR 0,5/250/2                              |
| C 75     | Capacitor, synth. foil<br>Capacitor, paper | 500 pF/500 V<br>2200 pF/1000 V      | CKS 500/500<br>CPK 70003 n 2,2 parallel    |
| C 76     | Capacitor, paper                           | 100,000 pF/250 V                    | CPK 58004 n 100                            |
| C 77     | Capacitor, paper                           | 100,000 pF/250 V                    | CPK 58004 n 100                            |
| C 78     | Capacitor, synth. foil<br>Capacitor, paper | 25,000 pF/250 V<br>100,000 pF/250 V | CKS 25 000/250<br>CPK 58004 n 100 parallel |
| C 79     | Capacitor, paper                           | 100,000 pF/250 V                    | CPK 58004 n 100                            |
| C 80     | Capacitor, synth. foil                     | 500 pF/500 V                        | CKS 500/500                                |

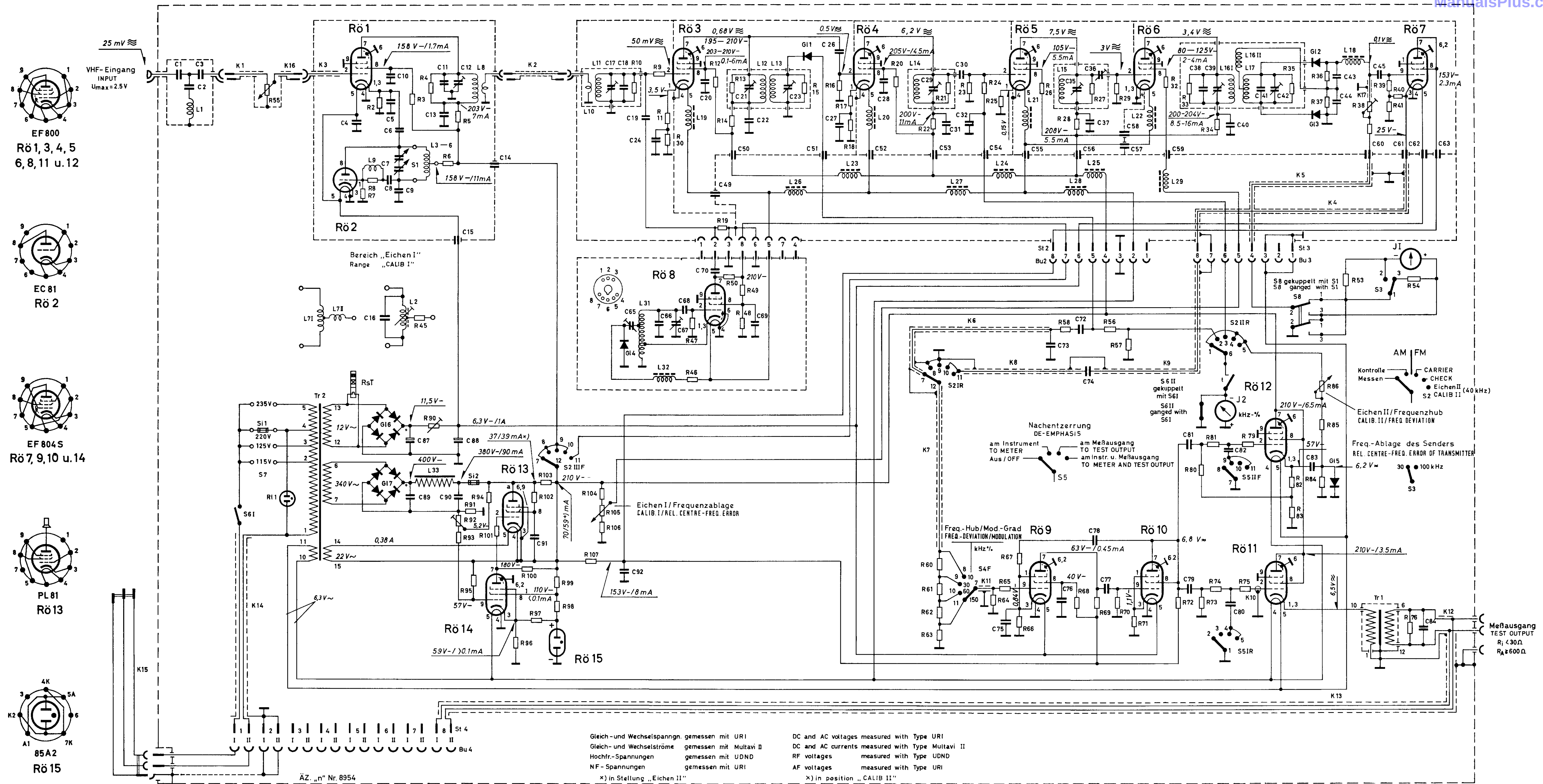
| Ref. No. | Designation             | Ratings                      | R&S Stock No.         |
|----------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|
| C 81     | Capacitor, MP           | 0.25 $\mu$ F/500 V           | CMR 0,25/500          |
| C 82     | Capacitor, synth. foil  | 500 pF/500 V                 | CKS 500/500           |
| C 83     | Capacitor, MP           | 2 $\mu$ F/160 V              | CMR 2/160/2           |
| C 84     | Capacitor, synth. foil  | 2500 pF/250 V                | CKS 2500/250          |
| C 87     | Capacitor, electrolytic | 1000 $\mu$ F/35 V            | CEG 21/1000/35        |
| C 88     | Capacitor, electrolytic | 1000 $\mu$ F/35 V            | CEG 21/1000/35        |
| C 89     | Capacitor, MP           | 8 $\mu$ F/500 V              | CMR 8 + 8/500         |
| C 90     |                         | 8 $\mu$ F/500 V              |                       |
| C 91     | Capacitor, ceramic      | 270 pF                       | CCH 68/270            |
| C 92     | Capacitor, MP           | 8 $\mu$ F/500 V              | CMR 8/250             |
| GI 1     | Diode, crystal          | 30 V/1000 mA<br>360 V/200 mA | GK/OA 95              |
| GI 2     | Diode, crystal          |                              | GK/2 x AA 118         |
| GI 3     | Diode, crystal          |                              |                       |
| GI 4     | Diode, crystal          |                              | GK/OA 95              |
| GI 5     | Diode, crystal          |                              | GK/OA 95              |
| GI 6     | Rectifier, power        |                              | GNB 11/30/1000 B      |
| GI 7     | Rectifier, power        |                              | GNB 19/360/200 M      |
| J 1      | Meter, moving-coil      | $\pm 10 \mu$ A               | IS 223/2 x 10 $\mu$ A |
| J 2      | Meter, moving-coil      | 20 $\mu$ A                   | IS 222/20 $\mu$ A     |
| K 1      | Cable, RF               |                              | 4620 – 19             |
| K 2      | Cable, RF               |                              | 4620 – 20             |
| K 3      | Cable, RF               |                              | LK 156/2              |
| K 4      | Cable, RF               |                              | LKK 61 900            |
| K 5      | Cable, RF               |                              | LKK 61 900            |
| K 6      | Cable, RF               |                              | LKK 61 900            |
| K 7      | Cable, RF               |                              | LKK 61 900            |
| K 8      | Cable, RF               |                              | LKK 61 900            |
| K 9      | Cable, RF               |                              | LKK 61 900            |
| K 10     | Cable, RF               |                              | LKK 92 220            |
| K 11     | Cable, RF               |                              | LKK 61 900            |
| K 12     | Cable, RF               |                              | LFA 03 022            |
| K 13     | Cable, RF               |                              | LFA 03 022            |
| K 14     | Cable, RF               |                              | LFA 03 022            |
| K 15     | Power cord              |                              | LK 333                |
| K 16     | Cable, RF               |                              | 4620 – 25             |
| K 17     | Cable, RF               |                              | LKK 92 220            |
| L 1      | Coil, filter            |                              | 4620 – 9.3            |
| L 2      | Coil, oscillator        |                              | 4620 – 1.4.1          |
| L 3      | Coil, oscillator        |                              | 4620 – 1.4.2          |
| L 4      | Coil, oscillator        |                              | 4620 – 1.4.3          |
| L 5      | Coil, oscillator        |                              | 4620 – 1.4.4          |

| Ref. No. | Designation             | Ratings              | R&S Stock No.      |
|----------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| L 6      | Coil, oscillator        |                      | 4620 – 1.4.5       |
| L 7      | Coil, oscillator        |                      | 4620 – 1.4.6       |
| L 8      | Coil, filter            |                      | 4620 – 1.6.5       |
| L 9      | Wire, copper            |                      | LD 204 wound on R8 |
| L 10     | Coil, coupling          |                      | 4620 – 2.2.1       |
| L 11     | Coil, filter            |                      | 4620 – 2.2.5       |
| L 12     | Coil, filter            |                      | 4620 – 2.3.1       |
| L 13     | Coil, filter            |                      | 1508 – 2.68.1      |
| L 14     | Coil, filter            |                      | 1508 – 2.68.1      |
| L 15     | Coil, filter            |                      | 1508 – 2.68.1      |
| L 16     | Coil, discriminator     |                      | 1508 – 2.70.12     |
| L 17     | Coil, discriminator     |                      | 1508 – 2.70.13     |
| L 18     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 19     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 20     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 21     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 22     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 23     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 24     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 25     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 26     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 27     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 28     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 29     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 31     | Coil, oscillator        |                      | 4620 – 2.9.11      |
| L 32     | Choke, RF               |                      | DUF 311/20         |
| L 33     | Choke                   |                      | DB 75/2            |
| R 2      | Resistor, depos. carbon | 250 $\Omega$ /0.5 W  | WFE 321 E 250      |
| R 3      | Resistor, depos. carbon | 30 k $\Omega$ /0.5 W | WFE 321 k 30       |
| R 4      | Resistor, depos. carbon | 5 k $\Omega$ /0.5 W  | WFE 321 k 5        |
| R 5      | Resistor, depos. carbon | 1 k $\Omega$ /0.5 W  | WFE 321 k 1        |
| R 6      | Resistor, depos. carbon | 5 k $\Omega$ /2 W    | WF 5 k/2           |
| R 7      | Resistor, depos. carbon | 30 k $\Omega$ /0.3 W | WFE 221 k 30       |
| R 8      | Resistor, depos. carbon | 30 $\Omega$ /0.05 W  | WFS 20/30/0,05     |
| R 9      | Resistor, depos. carbon | 60 $\Omega$ /0.3 W   | WFE 221 E 60       |
| R 10     | Resistor, depos. carbon | 5 k $\Omega$ /0.5 W  | WFE 321 k 5        |
| R 11     | Resistor, depos. carbon | 30 $\Omega$ /0.5 W   | WFE 321 E 30       |
| R 12     | Resistor, depos. carbon | 1 k $\Omega$ /0.5 W  | WFE 321 k 1        |
| R 13     | Resistor, depos. carbon | 4 k $\Omega$ /0.5 W  | WFE 321 k 4        |
| R 14     | Resistor, depos. carbon | 1 k $\Omega$ /0.5 W  | WFE 321 k 1        |
| R 15     | Resistor, depos. carbon | 4 k $\Omega$ /0.5 W  | WFE 321 k 4        |
| R 16     | Resistor, depos. carbon | 20 k $\Omega$ /0.5 W | WFE 321 k 20       |
| R 17     | Resistor, depos. carbon | 30 $\Omega$ /0.5 W   | WFE 321 E 30       |
| R 18     | Resistor, depos. carbon | 200 $\Omega$ /0.5 W  | WFE 321 E 200      |

| Ref. No. | Designation                       | Ratings                          | R&S Stock No.          |
|----------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| R 19     | Resistor, depos. carbon           | 10 k $\Omega$ /0.5 W             | WFE 321 k 10           |
| R 20     | Resistor, depos. carbon           | 1 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 1            |
| R 21     | Resistor, depos. carbon           | 2 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 2            |
| R 22     | Resistor, depos. carbon           | 1 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 1            |
| R 23     | Resistor, depos. carbon           | 80 k $\Omega$ /0.5 W             | WFE 321 k 80           |
| R 24     | Resistor, depos. carbon           | 250 k $\Omega$ /0.5 W            | WFE 321 k 250          |
| R 25     | Resistor, depos. carbon           | 30 $\Omega$ /0.5 W               | WFE 321 E 30           |
| R 26     | Resistor, depos. carbon           | 100 k $\Omega$ /0.5 W            | WFE 321 k 100          |
| R 27     | Resistor, depos. carbon           | 2 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 2            |
| R 28     | Resistor, depos. carbon           | 1 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 1            |
| R 29     | Resistor, depos. carbon           | 20 k $\Omega$ /0.5 W             | WFE 321 k 20           |
| R 30     | Resistor, depos. carbon           | 200 $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 E 200          |
| R 32     | Resistor, depos. carbon           | 1 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 1            |
| R 33     | Resistor, depos. carbon           | 5 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 5            |
| R 34     | Resistor, depos. carbon           | 1 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 1            |
| R 35     | Resistor, depos. carbon           | 5 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 5            |
| R 36     | Resistor, depos. carbon           | 30 k $\Omega$ /0.3 W             | WFE 221 k 30           |
| R 37     | Resistor, depos. carbon           | 30 k $\Omega$ /0.3 W             | WFE 221 k 30           |
| R 38     | Resistor, depos. carbon, variable | 10 k $\Omega$ lin.               | WS 9122 F/10 k         |
|          | Resistor, depos. carbon           | 40 k $\Omega$ /0.5 W             | WFE 321 k 40 in series |
| R 39     | Resistor, depos. carbon           | 500 k $\Omega$ /0.5 W            | WFE 321 k 500          |
| R 40     | Resistor, depos. carbon           | 1 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 1            |
| R 41     | Resistor, depos. carbon           | 10 k $\Omega$ /0.5 W             | WFE 321 k 10           |
| R 45     | Resistor, depos. carbon           | 800 k $\Omega$ /0.5 W            | WFE 321 k 800          |
| R 46     | Resistor, depos. carbon           | 600 $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 E 600          |
| R 47     | Resistor, depos. carbon           | 20 k $\Omega$ /0.5 W             | WFE 321 k 20           |
| R 48     | Resistor, depos. carbon           | 125 k $\Omega$ /0.5 W            | WFE 321 k 125          |
| R 49     | Resistor, depos. carbon           | 250 k $\Omega$ /0.5 W            | WFE 321 k 250          |
| R 50     | Resistor, depos. carbon           | 1 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 1            |
| R 53     | Resistor, depos. carbon           | 5 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 5            |
| R 54     | Resistor, depos. carbon           | 3 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 3            |
| R 55     | Resistor, depos. carbon, variable | 60 $\Omega$                      | WSH 12/60              |
| R 56     | Resistor, depos. carbon           | 100 k $\Omega$ /0.5 W            | WFE 321 k 100          |
| R 57     | Resistor, depos. carbon           | 20 k $\Omega$ /0.5 W             | WFE 321 k 20           |
| R 58     | Resistor, depos. carbon           | 10 k $\Omega$ /0.5 W             | WFE 321 k 10           |
| R 60     | Resistor, depos. carbon           | 50 k $\Omega$ $\pm$ 0.5%/0.5 W   | WFE 351 k 50           |
| R 61     | Resistor, depos. carbon           | 12.5 k $\Omega$ $\pm$ 0.5%/0.5 W | WFE 351 k 12,5         |
| R 62     | Resistor, depos. carbon           | 7.5 k $\Omega$ $\pm$ 0.5%/0.5 W  | WFE 351 k 7,5          |
| R 63     | Resistor, depos. carbon           | 5 k $\Omega$ $\pm$ 0.5%/0.5 W    | WFE 351 k 5            |
| R 64     | Resistor, depos. carbon           | 15 M $\Omega$ /1 W               | WFF 521 M 15           |
| R 65     | Resistor, depos. carbon           | 1 k $\Omega$ /0.5 W              | WFE 321 k 1            |
| R 66     | Resistor, depos. carbon           | 1.6 k $\Omega$ /0.5 W            | WFE 321 k 1,6          |
| R 67     | Resistor, depos. carbon           | 125 k $\Omega$ /0.5 W            | WFE 321 k 125          |
| R 68     | Resistor, depos. carbon           | 1.6 M $\Omega$ /0.5 W            | WFE 321 M 1,6          |

| Ref. No. | Designation                       | Ratings                                        | R&S Stock No.                           |
|----------|-----------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| R 69     | Resistor, depos. carbon           | 200 k $\Omega$ /0.5 W                          | WFE 321 k 200                           |
| R 70     | Resistor, depos. carbon           | 600 k $\Omega$ /0.5 W                          | WFE 321 k 600                           |
| R 71     | Resistor, depos. carbon           | 1.25 k $\Omega$ /0.5 W                         | WFE 321 k 1,25                          |
| R 72     | Resistor, depos. carbon           | 100 k $\Omega$ /0.5 W                          | WFE 321 k 100                           |
| R 73     | Resistor, depos. carbon           | 250 k $\Omega$ /0.5 W                          | WFE 321 k 250                           |
| R 74     | Resistor, depos. carbon           | 100 k $\Omega$ /0.5 W                          | WFE 321 k 100                           |
| R 75     | Resistor, depos. carbon           | 1 k $\Omega$ /0.5 W                            | WFE 321 k 1                             |
| R 76     | Resistor, depos. carbon           | 2 k $\Omega$ /0.5 W                            | WFE 321 k 2                             |
| R 79     | Resistor, depos. carbon           | 1 k $\Omega$ /0.5 W                            | WFE 321 k 1                             |
| R 80     | Resistor, depos. carbon           | 1 M $\Omega$ /0.5 W                            | WFE 321 M 1                             |
| R 81     | Resistor, depos. carbon           | 100 k $\Omega$ /0.5 W                          | WFE 321 k 100                           |
| R 82     | Resistor, depos. carbon           | 400 $\Omega$ /0.5 W                            | WFE 321 E 400                           |
| R 83     | Resistor, depos. carbon           | 10 k $\Omega$ /0.5 W                           | WFE 321 k 10                            |
| R 84     | Resistor, depos. carbon           | 100 k $\Omega$ /0.5 W                          | WFE 321 k 100                           |
| R 85     | Resistor, depos. carbon           | 800 k $\Omega$ /0.5 W<br>600 k $\Omega$ /0.5 W | WFE 321 k 800<br>WFE 321 k 600 parallel |
| R 86     | Resistor, depos. carbon, variable | 100 k $\Omega$ lin.                            | WS 9126/100 k                           |
| R 90     | Resistor, wire-wound (with tap)   | 10 $\Omega$ /6 W                               | WV 6/10                                 |
| R 91     | Resistor, depos. carbon           | 5 $\Omega$ /0.5 W                              | WFE 321 E 5                             |
| R 92     | Resistor, depos. carbon, variable | 5 k $\Omega$ lin.                              | WS 9122 F/5 k                           |
| R 93     | Resistor, depos. carbon           | 30 k $\Omega$ /0.5 W                           | WFE 321 k 30                            |
| R 94     | Resistor, depos. carbon           | 500 k $\Omega$ /0.5 W                          | WFE 321 k 500                           |
| R 95     | Resistor, depos. carbon           | 100 k $\Omega$ /0.5 W                          | WFE 321 k 100                           |
| R 96     | Resistor, depos. carbon           | 20 k $\Omega$ /0.5 W                           | WFE 321 k 20                            |
| R 97     | Resistor, depos. carbon           | 10 k $\Omega$ /0.5 W                           | WFE 321 k 10                            |
| R 98     | Resistor, depos. carbon           | 4 k $\Omega$ /0.5 W                            | WFE 321 k 4                             |
| R 99     | Resistor, depos. carbon           | 16 k $\Omega$ /1 W                             | WFE 521 k 16                            |
| R 100    | Resistor, depos. carbon           | 1 M $\Omega$ /0.5 W                            | WFE 321 M 1                             |
| R 101    | Resistor, depos. carbon           | 200 k $\Omega$ /0.5 W                          | WFE 321 k 200                           |
| R 102    | Resistor, depos. carbon           | 50 $\Omega$ /0.5 W                             | WFE 321 E 50                            |
| R 103    | Resistor, wire-wound              | 5 k $\Omega$ /4 W                              | WDG 5 k/4                               |
| R 104    | Resistor, depos. carbon           | 10 k $\Omega$ /0.5 W                           | WFE 321 k 10                            |
| R 105    | Resistor, depos. carbon, variable | 25 k $\Omega$ lin.                             | WS 9126/25 k                            |
| R 106    | Resistor, depos. carbon           | 50 k $\Omega$ /0.5 W                           | WFE 321 k 50                            |
| R 107    | Resistor, depos. carbon           | 16 k $\Omega$ /1 W                             | WFE 521 k 1                             |
| RI 1     | Lamp, glow, miniature             | 220 V                                          | RL 210                                  |
| Rö 1     | Pentode                           |                                                | EF 800                                  |
| Rö 2     | Triode                            |                                                | EC 81                                   |
| Rö 3     | Pentode                           |                                                | EF 800                                  |
| Rö 4     | Pentode                           |                                                | EF 800                                  |
| Rö 5     | Pentode                           |                                                | EF 800                                  |

| Ref. No. | Designation           | Ratings | R&S Stock No.            |
|----------|-----------------------|---------|--------------------------|
| Rö 6     | Pentode               |         | EF 800                   |
| Rö 7     | Pentode               |         | EF 804 S                 |
| Rö 8     | Pentode               |         | EF 800                   |
| Rö 9     | Pentode               |         | EF 804 S                 |
| Rö 10    | Pentode               |         | EF 804 S                 |
| Rö 11    | Pentode               |         | EF 800                   |
| Rö 12    | Pentode               |         | EF 800                   |
| Rö 13    | Pentode, output       |         | PL 81                    |
| Rö 14    | Pentode               |         | EF 804 S                 |
| Rö 15    | Reference tube        |         | 85 A 2                   |
| RsT      | Relay, thermal        |         | RLS 301/1                |
| S 1      | Coil turret           |         | 4620 – 1.4               |
| S 2      | Switch, wafer         |         | SRN 314/32               |
| S 3      | Switch, wafer         |         | SRN 311/32               |
| S 4      | Switch, wafer         |         | SRN 311/32               |
| S 5      | Switch, wafer         |         | SRN 311/32               |
| S 6      | Power switch assembly |         | SRK 1 U                  |
| S 7      | Fuse strip            |         | FD 60515                 |
| S 8      | Push button           |         | SR 613/2 ganged with S 1 |
| Si 1     | Fuse                  | 1 A     | M 1 C DIN 41571          |
| Si 2     | Fuse                  | 100 mA  | M 0,1 C DIN 41571        |
| Tr 1     | Transformer, output   |         | 4620 – 3.14              |
| Tr 2     | Transformer, power    |         | 4620 – 3.15/2            |



Stromlauf Circuit Diagram