

Die Mikrovoltmeter USH 1 und USH 2 zeichnen sich aus durch großen Dynamikbereich und hohe Frequenzstabilität. Sie dienen zur selektiven Messung von Pegeln, Dämpfungen, Amplitudenfrequenzgängen, Intermodulations- und Modulationsverzerrungen. Mit Zusatzgeräten (Oszillografen oder XY-Sichtgeräten) läßt sich der Anwendungsbereich noch erweitern.

## Selektive Mikrovoltmeter USH 1 und USH 2

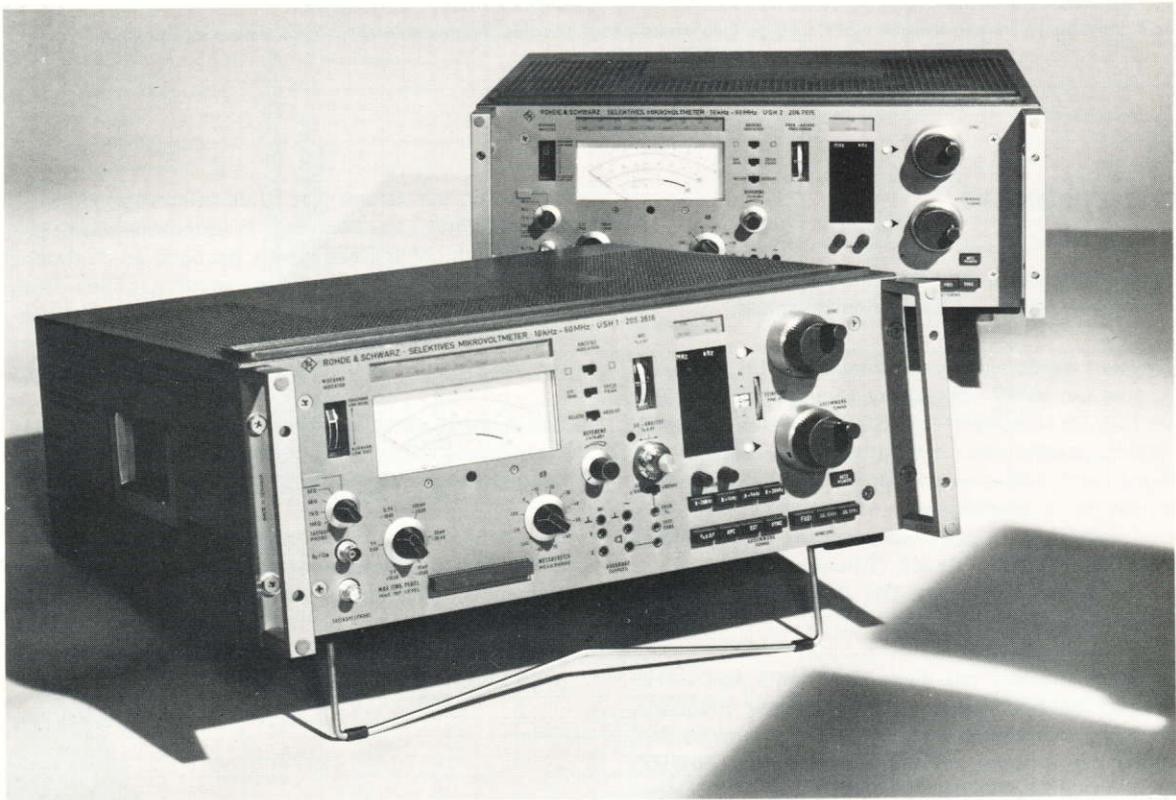


Bild 1 Selektive Mikrovoltmeter USH 1 (vorn) und USH 2.

Foto 20 615

Mit den selektiven Mikrovoltmetern USH 1 und USH 2 bietet Rohde & Schwarz zwei systemfähige und vielseitig verwendbare Spannungsmesser für den Frequenzbereich 10 kHz bis 60 MHz an (Bild 1). Das USH 2 ist eine vereinfachte Variante des USH 1; an Hand seines Blockschaltbildes soll die Funktion der gemeinsamen Baugruppen erläutert werden (Bild 2).

### Empfangsteil

Die Geräte arbeiten nach dem Prinzip des Überlagerungsempfängers mit Breitbandeingang und hochliegender 1. ZF [1]. Damit keine Fehlmessungen durch Übersteuerung entstehen, darf bei Klirrfaktor- und

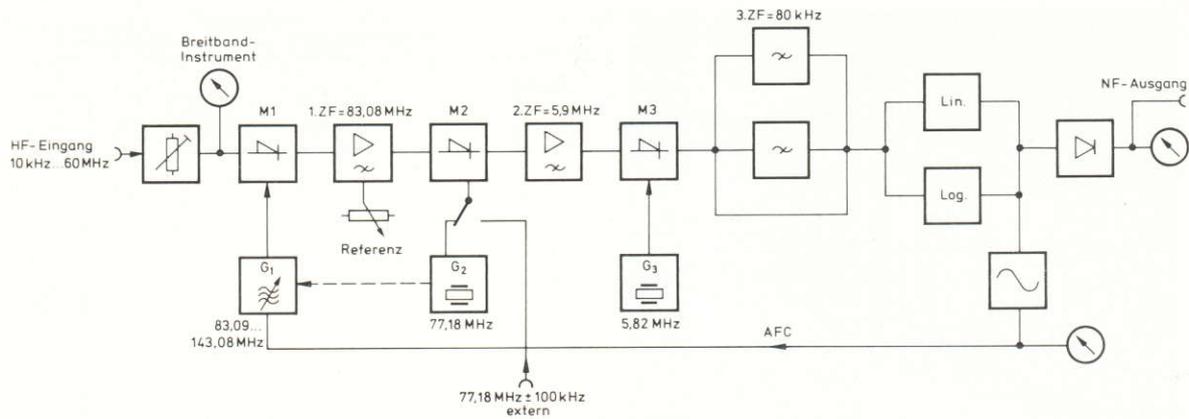


Bild 2 Prinzipschaltung des Selektiven Mikrovoltmeters USH 2.

Intermodulationsmessungen wegen des Breitbandeingangs der an der ersten Mischstufe anliegende Summenpegel einen vorgegebenen Wert nicht überschreiten. Mit dem Eingangsteiler wird die zulässige Mischspannung eingestellt und am Breitbandinstrument kontrolliert.

Die erste Zwischenfrequenz (83,08 MHz) ist die Differenz aus Oszillator- und Eingangsfrequenz (83,09 bis 143,08 MHz minus 10 kHz bis 60 MHz). Das ZF-Signal gelangt über Referenzeinstellung und Filter zur zweiten Mischstufe. Bei Relativmessungen kann der Meßbereich mit der Referenzeinstellung kontinuierlich bis zu 10 dB erhöht werden. Der Umsetzoszillator für die Mischung 2, ein 77,18-MHz-Quarzoszillator, steuert gleichzeitig den ersten Oszillator so, daß eine Drift der Quarzfrequenz keinen Einfluß auf die Treffsicherheit hat. Für die Schmalbandwobbeltechnik ist ein Mitsteuereingang vorhanden (77,18 MHz mit einem Frequenzhub bis zu  $\pm 100$  kHz). Die größte zur Verfügung stehende Bandbreite ist die des zweiten ZF-Filter (B = 20 kHz,  $f_0 = 5,9$  MHz). Ein dritter Oszillator setzt die 2. ZF auf die dritte, 80 kHz, um.

Die ZF-Filter unterdrücken die durch die nächste Umsetzung entstehende Spiegelfrequenz; außerdem bestimmt ihre Selektion den Eigenintermodulationsgrad für eng benachbarte Frequenzen, die gemeinsam, je nach Abstand, bis zur Mischung 2 oder sogar bis zur Mischung 3 gelangen können.

Nach der dritten Umsetzung folgt eine leicht auswechselbare Selektionsgruppe, die eigentliche Selektion des Empfängers. Beim USH 1 läßt sich die Bandbreite umschalten zwischen 200 Hz, 1 kHz, 5 kHz und 20 kHz und beim USH 2 zwischen 200 Hz, 2 kHz und 20 kHz. Die Selektion im Abstand des dreifachen Bandbreiten-nennwertes beträgt 60 dB. Eine aus dem Oszillator 1 entnommene Eichspannung ( $f_e = 1$  MHz) erlaubt für jede Bandbreite des Empfängers eine Korrektur der Anzeige auf den Sollwert.

Der Signalweg teilt sich nach der Hauptselektion in einen linearen und einen logarithmischen Zweig. Der Logarithmierer, ein 80-dB-Momentanlogarithmierer, besteht aus vier 20-dB-Stufen. Die logarithmische Kennlinie wird mit unterschiedlich vorgespannten Dioden, die als spannungsabhängiger Teilerwiderstand wirken, realisiert. Im linearen Zweig liegt ein 80-dB-Teiler. Die Summe aus Vorteilerdämpfung (vor M1) und dem ZF-Teiler ergibt den Wert für Instrumentenvollausschlag. Ein Leuchtfeld über dem Instrument zeigt den jeweils eingestellten Bereich an, so daß keine Umrechnung nötig ist. Die Demodulation der ZF erfolgt wahlweise durch Spitzen- oder Quasieffektivwert-Gleichrichtung. Der Instrumentenbereich für 3 dB unter Vollausschlag ist über die ganze Skala dehnbar.

## Erster Umsetzoszillator

Der erste Umsetzoszillator enthält einen LC-Oszillator (Hauptoszillator, 83,09 bis 143,08 MHz), der wahlweise freischwingen oder alle 1 MHz durch Phaserrastung synchronisiert werden kann (Bild 3). Die Einstellunsicherheit ohne Synchronisation beträgt  $\pm 100$  kHz.

Die **1-MHz-Rastpunkte** lassen sich auf jede beliebige Frequenz verschieben. Dazu wird der Frequenzbereich mit Hilfe des 77,18-MHz-Quarzoszillators und einem Synchronoszillator (2,8 bis 4,0 MHz) in einen tieferen Bereich umgesetzt. Die entstehende Differenzfrequenz (83,09 bis 143,08) - (77,18 + 2,8 bis 4,0) = 2 bis 63 MHz wird mit der hochgenauen 1-MHz-Rasterfrequenz in einem Phasendiskriminator verglichen. Die daraus gewonnene Regelspannung steuert den Hauptoszillator nach. Der Haltebereich der Regelschleife ist  $\pm 100$  kHz. Der Synchronoszillator gestattet ein Verschieben der Rastpunkte um  $-100$  kHz...0...+1,1 MHz. Störhub, Langzeitkonstanz und Treffsicherheit ( $\pm 2$  kHz) werden hauptsächlich durch ihn bestimmt.

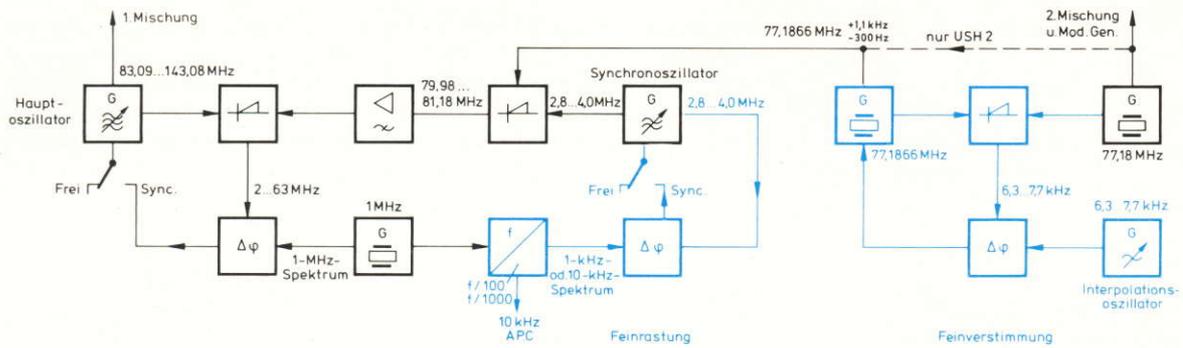


Bild 3 Erster Umsetzoszillator mit Feinrastung des Synchronoszillators (blau gezeichnet: nur USH 1).

Im USH 1 wird der Synchronoszillator zur weiteren Steigerung der Frequenzgenauigkeit wahlweise mit einer aus der 1-MHz-Quarzfrequenz gewonnenen 10-kHz- oder 1-kHz-Rasterfrequenz gerastet (ebenfals mit Hilfe einer Phasenvergleichsschaltung). Treffsicherheit und Stabilität werden in den Rastschritten durch den 1-MHz-Oszillator bestimmt.

Zur Interpolation zwischen den 1-kHz-Rastschritten des Synchronoszillators dient ein RC-Oszillator (6,3 bis 7,7 kHz). Seine Frequenz wird mit der Differenzfrequenz aus dem 77,18-MHz-Quarzoszillator und einem um 6,6 kHz höher liegenden Quarzoszillator in einer Phasenrastschaltung verglichen. Die genaue Frequenz des 77,1866-MHz-Quarzoszillators wird daher durch die Frequenz des RC-Oszillators bestimmt. Ein Suchoszillator ( $f \approx 3$  Hz) garantiert, da der Suchbereich größer als die maximal vorkommende Frequenzablage ist, einen ständigen Rastzustand.

## USH 2

Zum Nachsteuern unstabiler Eingangsfrequenzen und zur Bedienungsvereinfachung (relative Bandbreitenerweiterung) hat das USH 2 eine **automatische Frequenzkontrolle (AFC)**. Ein Frequenzdiskriminator hinter dem Logarithmierer und einer Begrenzerstufe steuert den ersten Umsetzoszillator. Die Steuerspannung — ein Maß für die Frequenzablage des Prüflings — zeigt ein Indikatorinstrument an. Bei größter Bandbreite steht ein Nachsteuerbereich von  $\pm 100$  kHz zur Verfügung.

## USH 1

Das USH 1 hat einen **automatischen Phasenregelkreis (APC)**, der sich über die 2. Mischung, 2. ZF, 3. Mischung und 3. ZF als Istwertgeber und einen nachgesteuerten Oszillator schließt, der in der Frequenz dem zweiten Umsetzoszillator entspricht

(Bild 4). Den Sollwert liefert eine vom 1-MHz-Quarz des Oszillators 1 abgeleitete Frequenz von 80 kHz. Die Methode des Phasenvergleichs der 3. ZF mit der Sollfrequenz gewährleistet, daß alle Frequenzfehler (Empfangs- zu Eingangsfrequenz) bis auf einen Phasenrest ausgeregelt werden.

Für statische Messungen bedeutet die automatische Phasenkontrolle eine wertvolle Abstimmhilfe. Ein bei

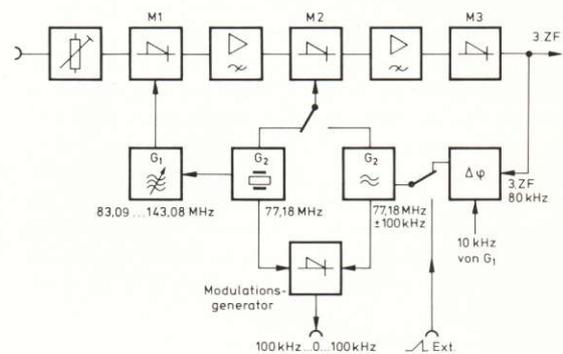
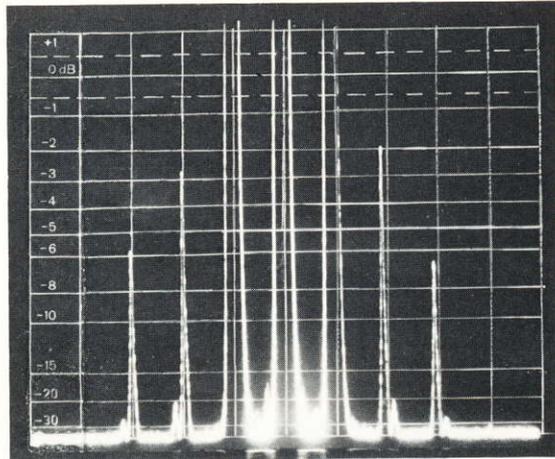
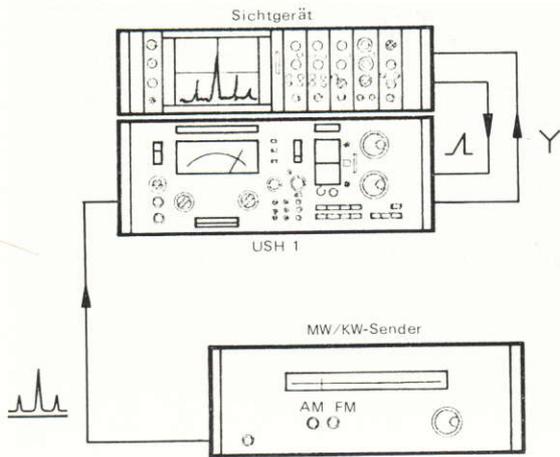


Bild 4 Phasenregelkreis im USH 1.

fehlendem Eingangssignal selbständig anschwingender Suchoszillator ( $f_s \approx 10$  Hz) erweitert den natürlichen Fangbereich des Regelkreises.

Der Nachsteuerbereich des Phasenregelkreises von  $\pm 100$  kHz gestattet ein Mitlaufen des Empfängers mit einer maximalen Frequenzänderung von 2,5 MHz/s. Zur selektiven Pegelanzeige in der Schmalbandwobbelmeßtechnik steht damit ein Mitlaufempfänger mit einem Dynamikbereich von über 65 dB und einem Hub bis zu 200 kHz zur Verfügung. Zur Anzeige dienen, je nach Ablaufgeschwindigkeit, neben dem eingebauten Instrument ein Schreiber oder ein Sichtgerät.



**Bild 5** Modulationsklirrfaktormessung ( $f_{\text{mod}} = 5 \text{ kHz}$ ) mit Mikrovoltmeter USH 1 (lin.  $-50 \text{ dB}$ ) und Sichtgerät. Abstand des Frequenzrasters im Oszillogramm  $5 \text{ kHz}$ .

Durch Auftrennen des Regelkreises und Steuern des frequenzlinearisierten  $77,18\text{-MHz}$ -Oszillators mit einer fremd zugeführten Spannung (z. B. Sägezahnspannung eines Oszillografen) erhält man einen hochdynamischen selektiven Schmalbandanalysator. Der Frequenzhub läßt sich im USH 1 mit einem Zehngang-Wendelpotentiometer zwischen wenigen Hz und  $\pm 100 \text{ kHz}$  einstellen. Der Eigenstörhub von  $5 \text{ Hz}$  und die kleinste zulässige Bandbreite von etwa  $30 \text{ Hz}$  bestimmen dabei den kleinsten Bereich.

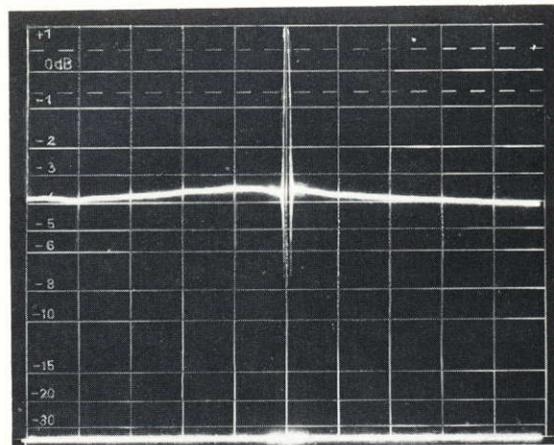
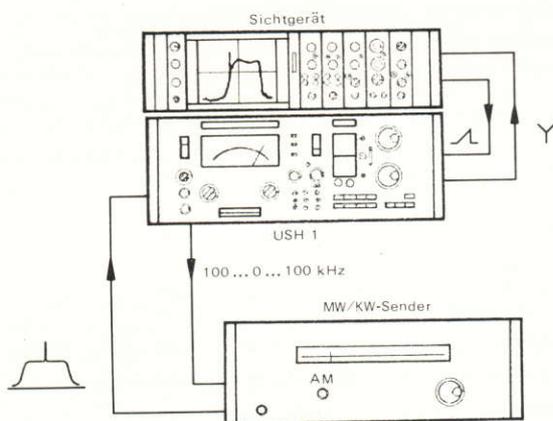
Für die Messung an Modulationseinrichtungen liefert das USH 1 die Modulationsfrequenzen zur Modulation des Prüflings. Das Gerät arbeitet dabei als Schmalbandanalysator. Die abgegebene Modulationsfrequenz entspricht der momentanen Verstimmung des Empfängers gegenüber der am ersten Umsetzoszillator eingestellten Empfangsfrequenz. Sie wird durch Bildung der Differenzfrequenz zwischen der  $77,18\text{-MHz}$ -

Quarzoszillatorfrequenz und der des gesteuerten frequenzlinearisierten Oszillators (Mittenfrequenz  $77,18 \text{ MHz}$ ,  $\Delta f = \pm 100 \text{ kHz}$ ) erzeugt. Das USH 1 ist damit immer automatisch nacheinander auf die bei der Modulation im Prüfling entstehenden Seitenbänder abgestimmt.

## Anwendungsbeispiele USH 1

### Schmalbandanalyse

Mit einem Sichtgerät oder einem beliebigen Oszillografen lassen sich in einfacher Weise Messungen an Sendern vornehmen. Die Analyseinrichtung im USH 1 erlaubt die Messung von Nebenausstrahlungen, Modulationsgrad, -index, Intermodulation im Modulationsband sowie von Modulationsverzerrungen (Bild 5).



**Bild 6** Seitenbandanalyse eines MW/KW-Meßsenders ( $\approx 25\% \text{ AM}$ ) mit dem USH 1 (lin.  $-10 \text{ dB}$ ). Frequenzraster im Oszillogramm  $20 \text{ kHz}$ .

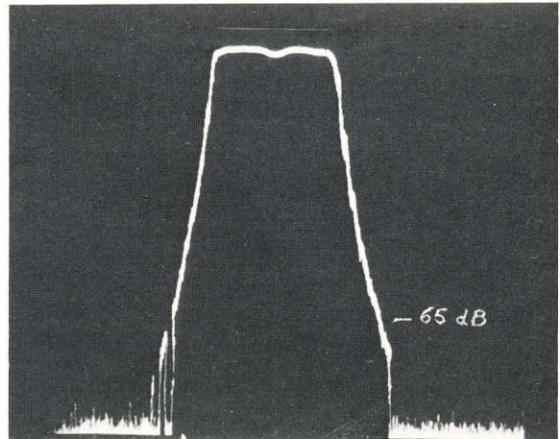
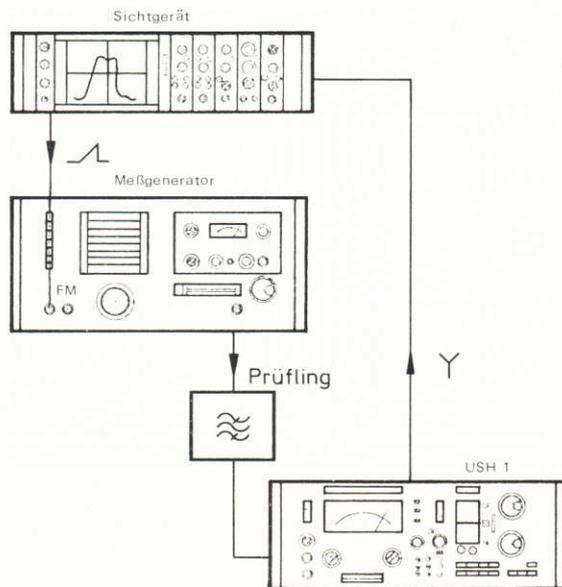


Bild 7 Messung eines Quarzfilters mit APC. Meßbereichseinstellung am USH 1 log. 80 dB; Dynamik des Anzeigebereichs 65 dB; Frequenzraster 5 kHz.

Der Dynamikbereich beträgt bis 100 dB bei einem Darstellungsbereich von maximal 80 dB und  $\pm 100$  kHz. Die Angleichung der vom Oszillografen abgegebenen Sägezahnspannung an die vom USH 1 benötigte Steuerspannung (0 bis  $-10$  V) geschieht durch zwei Einstellregler (Amplitude, Lage) in der Anschlußwanne des Mikrovoltmeters.

### Seitenbandanalyse

Bei der Schmalband- und Seitenbandanalyse wird das Empfangsfenster des USH 1 zu der an der Abstimmung eingestellten Mittenfrequenz mit der Sägezahnspannung des Oszillografen um maximal  $\pm 100$  kHz verändert. Die Differenzfrequenz Empfangsfenster – Mittenfrequenz wird laufend gebildet, und man erhält so ein Modulationsfrequenzband, das dem zu messenden Sender zugeführt wird [2]. Je nach Modulation im Sender entstehen Seitenbänder, die nacheinander zwangsläufig mit dem Empfangsfenster des Mikrovoltmeters erfaßt werden. Somit lassen sich beispielsweise Seitenbandcharakteristik (Bild 6), Einseitenbandcharakteristik, Restseitenbandunterdrückung und Intermodulationsprodukte des Restseitenbandes im unterdrückten Seitenband messen.

### Filtermessung

Ist der verwendete Meißsender frequenzmodulierbar, so können auch Schmalbandfiltermessungen durchgeführt werden (Bild 7). Die Gleitfrequenz des FM-Senders – erzeugt durch die Sägezahnspannung des Oszillografen – durchläuft den Prüfling. Die automatische Phasenkontrolle (APC) im USH 1 kann nun ab einem bestimmten Schwellenwert ( $5 \mu\text{V}$ ) der Gleit-

frequenz folgen. Die Dynamik des Haltebereichs beträgt 65 dB. Eingesäumt wird die Durchlaßkurve des Prüflings durch die Wobbelspannung des Suchoszillators, der die Abstimmung kurzzeitig in den Durchlaßbereich des Filters steuert.

K. Becker

### LITERATUR

- [1] Müller, K. O.: USU 1 und USU 2 – zwei neue selektive Spannungsmesser für 30 bis 1000 MHz. Neues von Rohde & Schwarz (1970) Nr. 45, S. 5–10.
- [2] Hempel, J.: Seitenbandmeßzusatz zum Videoskop III SWOF. Neues von Rohde & Schwarz (1971) Nr. 49, S. 12–15.

### Kurzdaten der Selektiven Mikrovoltmeter

	USH 1	USH 2
Frequenzbereich		10 kHz ... 60 MHz
Synchronisation des Abstimmoszillators	alle 1 MHz um $-0,1 \dots 0 \dots +1,1$ MHz verschiebbar	alle 10/1 kHz
Meßbereich		$0,3 \mu\text{V} \dots 3 \text{V} / -130 \dots +12 \text{ dB}$
Anzeigebereich		
linear		20 dB
logarithmisch		80 dB
Nachstimmautomatik	APC ( $\pm 100$ kHz)	AFC (max. $\pm 100$ kHz)
ZF-Bandbreiten	200 Hz/1/5/20 kHz	200 Hz/2/20 kHz
Bestellbezeichnung	Ident-Nr. 205.3616.04 ...	Ident-Nr. 206.7615.04 ...

Näheres durch Leserdienstkarte: Kennziffer 53/3