

Der USU 3 ist ein universell verwendbarer Labormessempfänger von ungewöhnlich großem Frequenzumfang. Durch seine hohe Empfindlichkeit und den Dynamikbereich von 70 dB lassen sich viele Meßaufgaben im Frequenzbereich 1 bis 13 GHz mit geringem Zeitaufwand ohne Gerätewechsel lösen.

Labormessempfänger USU 3 für 1 bis 13 GHz

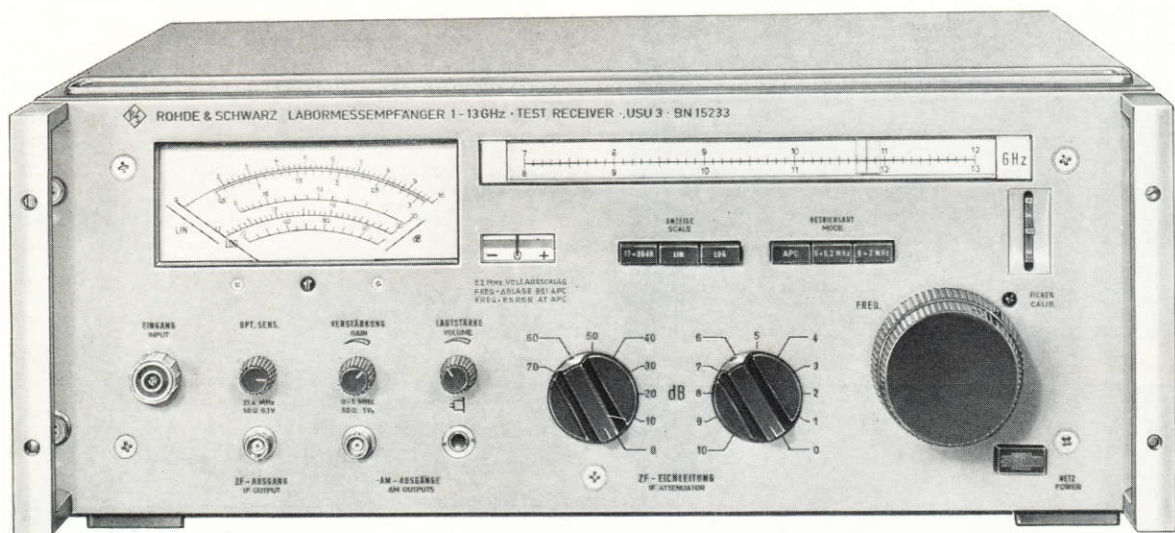


Bild 1 Labormessempfänger USU 3 für 1 bis 13 GHz.

Foto 20 540

Als weiteres Glied der neuen volltransistorierten Empfangsgerätereihe USU* entstand der Labormessempfänger USU 3 (Bild 1). Sein großer Frequenzbereich, seine kurze Einlaufzeit sowie hohe Stabilität und seine genaue Eichleitung machen ihn zu einem vielseitigen, rationell einsetzbaren Meßgerät. An den ZF-Ausgang lassen sich Zusatzgeräte anschließen, etwa ein Panoramazusatz zum Abbilden der spektralen Verteilung des Empfangssignals. Die AM-Ausgänge sind zur Weiterverarbeitung demodulierter Signale mit einem Oszillografen oder Gleichspannungsschreiber gedacht. Der Dezifix-A-Stecker für die Eingangsspannung ist auf andere Steckersysteme umrüstbar.

* Müller, K. O.: USU 1 und USU 2 — zwei neue selektive Spannungsmesser. Neues von Rohde & Schwarz (1970) Nr. 45, S. 5—10.

Aufbau und Wirkungsweise

Das Eingangssignal gelangt über den Eingangshochpaß, der alle Frequenzen unter 1000 MHz dämpft, in den Mischer M 1 (Bild 2). Hier wird die Eingangsfrequenz mit der Grundfrequenz des 1. Oszillators ($f_{01} = 1,5$ bis 2,5 GHz) oder mit seiner zweiten bis fünften Harmonischen zur 1. ZF = 500 MHz gemischt. Diese erlaubt unter Ausnutzung der Spiegelfrequenz einen günstigen Anschluß beziehungsweise bei Verwendung der Oberwellen des 1. Oszillators eine Überlappung der Frequenzbereiche, so daß sich schnell und eindeutig abzulesende Frequenzskalen ergeben. Der Frequenzverlauf des 1. Oszillators wird durch eine Steuerkurve linearisiert. Diese läßt sich an 21 Punkten (alle 50 MHz) von der Frontplatte aus naheziehen. Be-

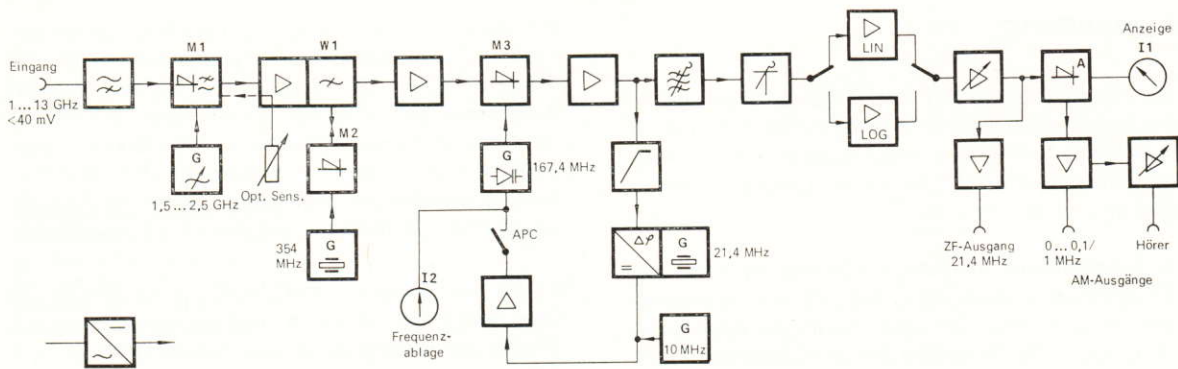


Bild 2 Blockschaltbild des Labormeßempfängers USU 3.

sonders für die höheren Harmonischen kann die Mischempfindlichkeit wesentlich gesteigert werden (Bild 3).

Im Mischer M 2 entsteht nach Durchlaufen des 500-MHz-Verstärkers durch Mischung mit der quarz-gesteuerten zweiten Oszillatorfrequenz von 354 MHz die zweite Zwischenfrequenz $f_{z2} = 146$ MHz. Diese wird in der Weiche W 1 von der 1. ZF getrennt, dann verstärkt und im Mischer M 3 auf $f_{z3} = 21,4$ MHz umgesetzt. Diese dritte Zwischenfrequenz gelangt über das zwischen 0,2 und 2 MHz Bandbreite umschaltbare ZF-Filter an den genauen ZF-Teiler mit sieben 10-dB- und zehn 1-dB-Stufen. Der in seiner Verstärkung einstellbare ZF-Nachverstärker gibt die 3. ZF weiter an den Demodulator. Das Instrument I 1 zeigt die gleichgerichtete ZF-Spannung an.

Für genaue Dämpfungsmessungen läßt sich ein Bereich von 3 dB über die ganze Skalenlänge dehnen.

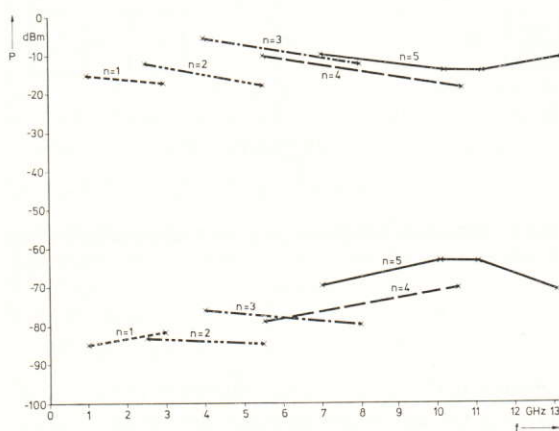


Bild 3 Durchschnittliche typische Empfindlichkeit für Vollausschlag bei maximaler Verstärkung (untere Kurven) sowie die Werte der Eingangsspannung, die eine Kompression der Anzeige um 1 dB ergeben (obere Kurven). Parameter: die zur Mischung verwendeten Harmonischen. P HF-Leistung am Eingang des Empfängers.

Der statt des linearen einschaltbare logarithmische Verstärker ermöglicht die Anzeige des gesamten

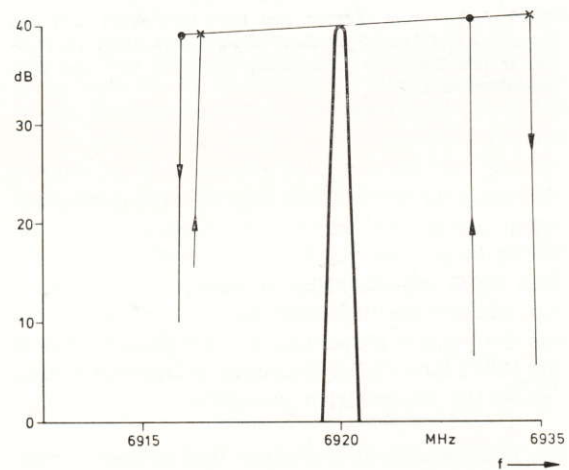


Bild 4 Abstimmerleichterung durch automatisches Fangen bei APC. Die Pfeile zeigen die Richtung der Frequenzabstimmung. In der Mitte die Kurve ohne APC.

Dynamikbereichs (70 dB) auf einer einzigen Skala. Das demodulierte Signal und die 3. ZF stehen über Trennverstärker zur Verfügung. Am Kopfhörerausgang kann über einen Verstärker die Niederfrequenz abgenommen werden.

Die Phasenregelschleife (Automatic Phase Control, APC) mit dem Phasendiskriminator, dem 10-Hz-Wobbler und dem Begrenzer bewirkt durch Nachstimmen des 167,4-MHz-Oszillators, daß die Empfängerfrequenz einer sich ändernden Eingangsfrequenz um mindestens 2 MHz nachläuft. Das Instrument I 2 zeigt die Frequenzablage der Eingangsspannung an. Ist keine Eingangsspannung vorhanden, so wird der 3. Umsetzoszillator um ± 1 MHz gewobbel, was durch ein Pendeln des Zeigers um die Mittellage angezeigt wird und sich als wesentliche Abstimmerleichterung besonders bei 0,2 MHz Bandbreite erweist (Bild 4).

Anwendung

Als Anwendung für den USU 3 kommen fast alle in der Mikrowellenmeßtechnik anfallenden Aufgaben in Forschung, Entwicklung und Produktion in Betracht. Typische Einsatzmöglichkeiten des Labormeßempfängers sind beispielsweise:

Als **empfindlicher Indikator** zur Minimumanzeige von HF-Leistungen, etwa beim Abgleich von Richtkoppeln. In der Regel betragen dabei die Auskoppeldämpfung 3 bis 30 dB und die anzustrebende Richt-

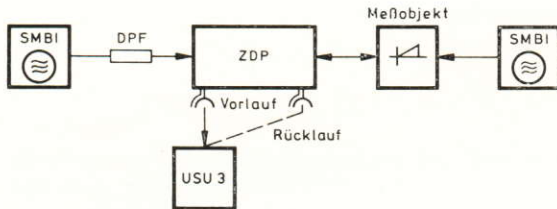


Bild 5 Aufbau zum Messen des Reflexionsfaktors und des Eingangs- und Ausgangswiderstands mit dem SMBI als Meßsender und Oszillator, dem Dämpfungsglied DPF und dem Reflektometer ZDP.

dämpfung 12 bis > 40 dB. Die im Frequenzbereich 1 bis 13 GHz meist verwendeten Klystron-Meßsender liefern Leistungen um $+10$ bis -5 dBm. Hier kommen die Empfindlichkeit und die Dynamik bei Übersichtsmessungen (logarithmischer Bereich) ebenso wie die genaue Eichleitung und die Skalendehnung des USU 3 für kritische Prüfungen an besonders interessierenden Meßpunkten zur Geltung.

Als **Anzeigegerät für Impedanz- und Knotenverschiebungsmessungen** mit einer Meßleitung. Bei der Impedanzmessung gestattet die hohe Empfindlichkeit des USU 3, die Meßsonde so zu führen, daß praktisch keine Verformung der auf der Leitung zu messenden Spannungsverteilung auftritt. Bei leicht driftender Frequenz des Senders und beim Unterschreiten der Empfindlichkeitsgrenze des Empfängers wird durch automatisches Nachstimmen der eingestellten Empfangsfrequenz beziehungsweise durch Wiedereinfangen der Sendefrequenz oft eine Verfälschung des Meßergebnisses verhindert und damit eine Wiederholung der Messung erspart. Bei Knotenverschiebungsmessungen erleichtert die Skalendehnung (17 bis 20 dB) das Auffinden der genauen Lage der zu messenden Spannungsminima.

Messen des Reflexionsfaktors von SHF-Bauteilen und Baugruppen sowie der Eingangs- und Ausgangswiderstände von Vierpolen zusammen mit einem Reflektometer. Mit der Anordnung nach Bild 5 wurde bei einer Frequenz von 4 GHz der Unterschied der ZF-Teilerstellung für gleichen Ausschlag am Instrument des USU 3 bei Anklebmen an die Anschlüsse

des Reflektometers für Vor- und Rücklauf gemessen. Für die Rückflußdämpfung ergaben sich 18 dB, das entspricht einem VSWR von 1,285. Bei nichtlinearen Baugruppen wie Mischern, Verstärkern oder Verzerrern wird die Messung meist mit relativ kleinem Pegel begonnen. Deswegen und wegen der oft erheblichen Auskoppeldämpfung des Reflektometers ist dazu ein empfindlicher Empfänger wie der USU 3 erforderlich.

Erhöht man langsam den Pegel am Meßobjekt, so kann man an der Änderung der Rückflußdämpfung den Beginn der Nichtlinearität des Zusammenhangs zwischen Eingangspegel und Mischprodukt beobachten.

Das **Suchen der Polstellen** von Filtern in Verbindung mit einem Wobbersender und Sichtgerät. Viele neuere Meßsender sind über einen kleinen Bereich wobblerbar oder mit einer Frequenzmodulationseinrichtung ausgestattet. Das ermöglicht zusammen mit einem Sichtgerät, das an den AM-Ausgang 0 bis 1 MHz angeschlossen wird, das Aufsuchen und kontrollierte Verschieben von Polstellen. Bei ungefähr konstanter Senderleistung wird die Mittenfrequenz von Sender und Empfänger über den interessierten Bereich verschoben. Hält man nun die Bildhöhe am Oszillografen mit der im USU 3 eingebauten Eichleitung konstant, so ergibt der Unterschied der Eichleitungsstellung ein relatives Maß für die Dämpfung der Polstelle. Durch Herausnehmen des Meßobjekts aus dem Aufbau läßt sich der genaue Dämpfungswert leicht ermitteln.

Aufnahmen der **Richtcharakteristik von Antennen** (Bild 6). Hierbei kann das Meßergebnis direkt mit einem am AM-Ausgang 0 bis 0,1/1 MHz angeschlossenen Schreiber aufgezeichnet werden, und zwar im

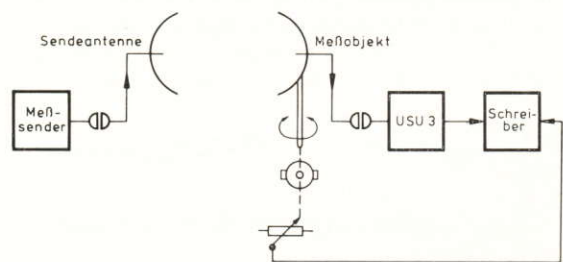
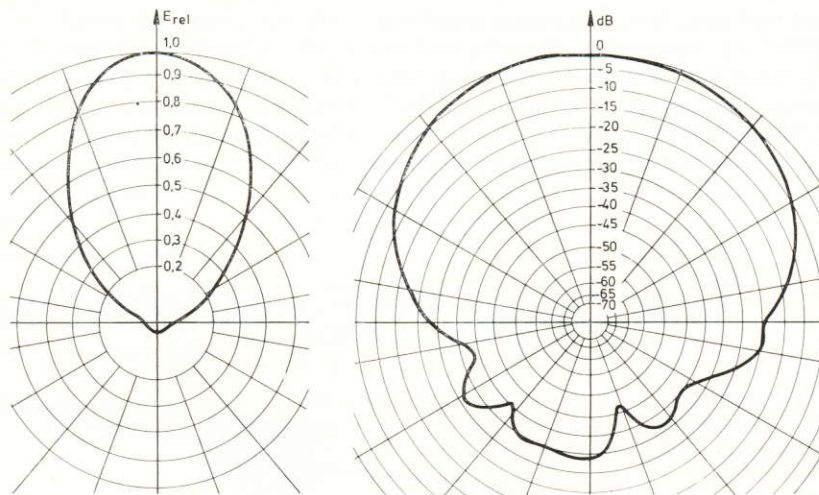


Bild 6 Meßaufbau zum Aufnehmen der Richtcharakteristik von Antennen.

linearen und logarithmischen Maßstab. Dabei erweist es sich als besonders günstig, daß in den beiden Stellungen log. und lin. die Eichleitung im Verstärkungszug eingeschleift bleibt und so zur Markierung der interessierenden Dämpfungswerte dienen kann. Das geschieht, nachdem die Antenne in die Hauptstrahlrichtung gedreht wurde, durch Einschalten der entsprechenden Dämpfungswerte (z. B. 5- oder 10-dB-

Bild 7
Strahlungsdiagramm einer logarithmisch-periodischen Antenne für den Frequenzbereich 1300 bis 1900 MHz, gemessen bei 1400 MHz. Links lineare, rechts logarithmische Darstellung.



Schritte) und Schreiben eines Kreises bei diesen Werten ohne Drehung der Antenne. Die Werte sind dem auf dem gleichen Blatt gezeichneten Diagramm mit der Genauigkeit der Eichleitung zugeordnet, da eventuelle, wesentlich größere Anzeige- und Ablesefehler eliminiert werden (Bild 7).

Spannungs- und Leistungsmessungen nach vorheriger Eichung mit einem Meßgenerator. Im Frequenzbereich des USU 3 werden Spannungsmessungen praktisch in jedem Fall auf Leistungsmessungen zurückgeführt. Es empfiehlt sich deshalb, den USU 3 bei der Frequenz, bei der eine Absolutmessung durchgeführt werden soll, mit einem kalibrierten Meßsender zu verbinden. Dann bringt man bei einem bestimmten Wert, beispielsweise 20 dB unter 1 mW = -20 dBm, mit der eingebauten Eichleitung und dem Drehknopf Verstärkung die Anzeige am USU 3 auf Vollausschlag und ermittelt durch einfache Addition die zu messende Leistung.

Beispiel:

Bei $f = 5$ GHz am Meßgenerator eingestellte Leistung: -20 dBm, Eichleitung am USU 3 auf 60 dB + 0 dB (Vollausschlag am Instrument).

Eingestellter Meßbereich für diese Frequenz:

-20 dBm + (-60 dB) = -80 dBm (für Vollausschlag und Eichleitung 0 dB). Abgelesene Werte am USU 3 nach Anschluß der zu messenden Leistung: Eichleitung 11 dB, Anzeige am Instrument: 0,5 dB unter Vollausschlag. Gemessene Leistung: -80 dBm + 11 dB - 0,5 dB = -69,5 dBm.

Erwähnt sei noch, daß der USU 3 prinzipiell auch oberhalb 13 GHz noch verwendungsfähig ist, doch werden die Daten dafür nicht mehr garantiert, denn wenn die Wellenlänge der Meßfrequenz in die Größenordnung der Baugruppenabmessungen kommt, können Resonanzen entstehen, die Empfindlichkeitschwankungen mit sich bringen.

Mechanischer Aufbau

Das Gewicht des Labormeßempfängers beträgt 22 kg. Er wird als 19-Zoll-Gerät geliefert. Auf Grund der geringen Leistungsaufnahme aus dem Netz (< 40 VA) konnte eine völlig geschlossene Bauweise gewählt werden, zumal der größte Teil der in der stabilisierten Spannungsversorgung erzeugten Wärme direkt an die Außenluft abgegeben wird. Eine Klappanordnung gewährleistet, daß auch im eingeschalteten Zustand alle Abgleichelemente der Baugruppen zugänglich sind. Die beiden Spannungen, die das Netzteil liefert, sind dauerkurzschlußfest.

P. Jacob

Kurzdaten des Labormeßempfängers USU 3

Frequenzbereich	1 ... 13 GHz
Notwendige Eingangsleistung für Vollausschlag im Grundwellenbereich bei Oberwellenmischung	< -75 dBm (typ. -85 dBm) typ. -80 dBm
Gesamtfehler der Eichteiler über 60 dB	< ±0,5 dB
Bandbreite	0,2; 2 MHz
Abstimmautomatik	Fangbereich ±1 MHz ab 60% des Vollausschlags im empfindlichsten Bereich
Dynamik des log. Meßbereiches	70 dB
Ausgänge	
ZF	21,4 MHz
Video	0 ... 0,1 MHz / 0 ... 1 MHz
Hörer	100 Hz ... 20 kHz
Bestellbezeichnung	Ident-Nr. 111.5439

Näheres durch Leserdienstkarte: Kennziffer 51/11