

Der Selektomat

Arbeitsweise, Inbetriebnahme, Besonderheiten

Der Selektomat ist ein weitgehend automatisierter Empfänger, der hauptsächlich als empfindlicher Vorverstärker für Wobbelmeßgeräte entwickelt wurde. Im allgemeinen haben solche Meßplätze keine größere Anzeigeempfindlichkeit als einige Millivolt, so daß Vierpole mit erheblicher Grunddämpfung nicht ausgemessen werden können. Außerdem umfaßt der Anzeigebereich eines Wobbelmeßplatzes kaum mehr als 30 db. Diese Anzeige bzw. dieser Dynamikbereich genügt zwar in vielen Fällen, er reicht jedoch für eine Reihe von Messungen nicht aus, denn er ist bei kleinen Spannungen durch seine Nichtlinearität und durch den abnehmenden Wirkungsgrad des breitbandigen Diodengleichrichters in seinen Einsatzmöglichkeiten begrenzt.

weise bei Streckenmessungen, bei denen Eingang und Ausgang des Meßobjektes räumlich voneinander getrennt sind, besonders vorteilhaft ist.

A. Eigenschaften

Der Selektomat ist ein unabhängiges Meßgerät mit interessanten und vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten. Der **Frequenzbereich**, der von 30 bis 400 MHz reicht, ist in sieben Teilbereiche unterteilt. Diese sind: 30...60, 50...100, 75...150, 110...200, 170...270, 250...330 und 330...400 MHz. Breite

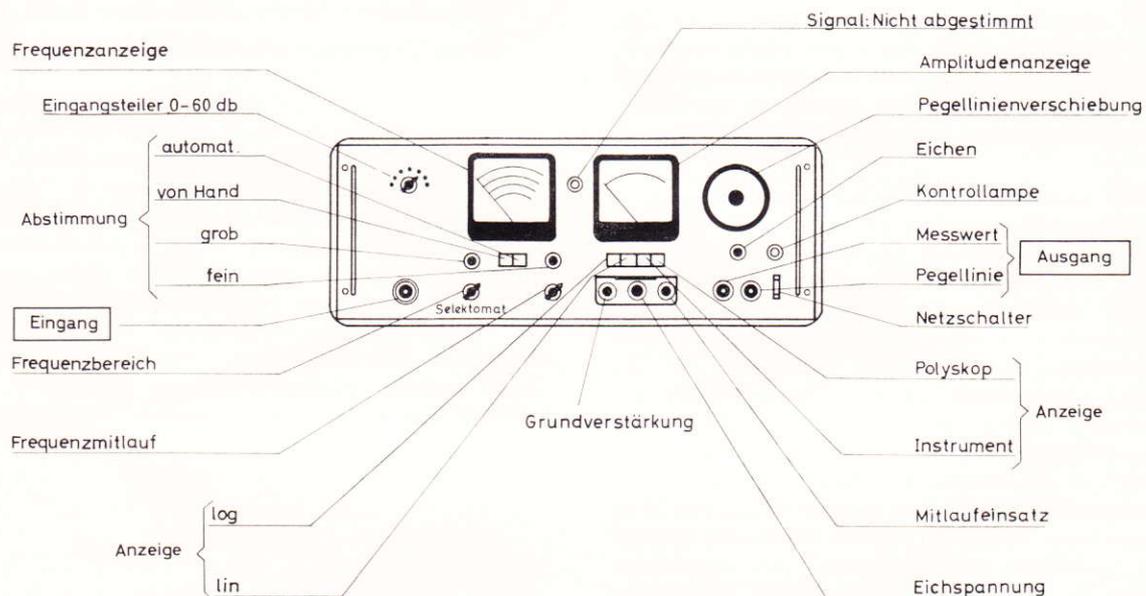


Bild 1 Bedienungsorgane an der Frontplatte des Selektomat

Die wesentlichen Forderungen an einen Vorverstärker, der zur Erweiterung des Anzeigebereiches eingesetzt werden soll, sind einerseits hohe Empfindlichkeit und andererseits neben der linearen auch die logarithmische Verstärkung. Diese Bedingungen können bei erträglichem technischen Aufwand nur durch einen **selektiven Meßempfänger** erfüllt werden.

Der Selektomat ist ein Überlagerungsempfänger mit automatisch nachgesteuertem Oszillator. Zusätzliche Steuerleitungen oder mechanische Kupplungen mit dem Sender sind nicht erforderlich, was im Hinblick auf universelle Verwendbarkeit, beispiels-

Überlappungen in den Teilbereichen sichern lückenloses Überstreichen des ganzen Frequenzbandes.

Der Selektomat zeigt die auf einen Eichwert bezogene Amplitude in db und die Meßfrequenz in MHz direkt an. Die wahlweise lineare oder logarithmische **Amplitudenanzeige** ist mit Hilfe eines eingebauten Eichgenerators absolut eichbar. Der Dynamikbereich bei linearer Einstellung beträgt 20 db (100 µV Vollausschlag) und 80 db bei logarithmischer Einstellung (100 mV Vollausschlag). Beim Betrieb mit Sichtwobblern kann die Anzeige anstatt durch das Instrument in Form einer geeichten, in das Schirmbild eingeblendeten Pegellinie erfolgen.

Der **Frequenzgang** der Anzeige ist über den ganzen Bereich geringer als ± 2 db und in jedem Teilbereich kleiner als ± 1 db. Bei automatischer Abstimmung spricht der Selektomat auf das stärkste Signal innerhalb des Bereiches an. Selbst bei schneller Frequenzänderung des Signals (≤ 100 MHz/ms) folgt die automatische Nachsteuerung des Empfängers in beliebiger Richtung und arbeitet sicher bis hinab zu $10 \mu\text{V}$ Eingangsspannung. Von Hand kann auch außerdem auf jedes andere gewünschte Signal abgestimmt werden (Bild 1).

B. Übersicht über die Anwendungsmöglichkeiten des Selektomat

Zunächst bietet der Selektomat besondere Vorteile als Meßempfänger oder Röhrenvoltmeter. Er kann auch in begrenztem Rahmen als Panoramaempfänger eingesetzt werden. Der hauptsächliche Verwendungszweck ist jedoch die **Vorverstärkung** schwacher Signale, welche an Wobbelmeßplätzen, z. B. beim Polyskop, angezeigt werden sollen. Dieser Fall kommt in der Praxis sehr häufig vor, wenn man unter anderem die Weitabselektion von Filtern und Kreisen messen oder Netzwerke mit Dämpfungspolen (Fallen) abgleichen will.

Noch bedeutungsvoller ist es, Amplitudenverläufe logarithmisch darstellen zu können. Der **logarithmische Anzeigebereich** von 80 db reicht für nahezu alle Meßprobleme der Hochfrequenztechnik aus, wobei sich der Bereich von $10 \mu\text{V}$ bis 100 mV natürlich durch Vorschalten geeigneter Dämpfungsglieder zu höheren Spannungen hin verschieben läßt. Der Amplitudenmaßstab auf dem Großbildschirm des Polyskop beträgt dabei etwa 10 db pro 15 mm und gestattet, bei dieser Größe auch noch Unterschiede von 1 db gut abzulesen. Daneben kann der Amplitudenverlauf bis zu einem Anzeigebereich von 20 db auch linear dargestellt werden. Die **lineare Anzeige** ist vorteilhaft beim Ausmessen der Feinstruktur einer Amplitudencharakteristik, wobei die genaue und parallaxenfreie Ablesung der Zuordnung von Frequenz und Amplitude eine im Selektomat erzeugte Referenzspannung bewirkt, welche über einen zweiten Anzeigekanal des Polyskop elektronisch eingeblendet und als Pegellinie über den Bildschirm verschoben werden kann.

Im Gegensatz zur Breitbandanzeige des Wobbelempfangsteiles ist die Anzeige des Selektomat selektiv. Deshalb hat der **Klirrfaktor** des Senders und des Meßobjektes keinerlei Einfluß auf das Meßergebnis, vorausgesetzt, der Frequenzgang der Grundwelle der Sender-EMK ist konstant. Stimmt man den Selektomat auf eine der Harmonischen ab, so folgt die Nachstimmeinrichtung natürlich dieser Oberwelle.

Erst die selektive Anzeige ermöglicht **Wobbelmessungen an Mischstufen und Modulatoren**. An solchen Vierpolen tritt meist eine sehr starke Festfrequenz auf, nämlich die des Mischoszillators bzw. des Modulationsträgers. Das dauernd vorhandene Signal führt bei einer breitbandigen Messung zu falschen Ergebnissen. Wenn der Oszillator bzw. der Träger außerhalb des auf dem Selektomat eingestellten Nutzfrequenzbandes liegt, hängt sich die Nachstimmeinrichtung an die Wobbel senderfrequenz bzw. an die Zwischenfrequenz (Seitenband) an. Liegt die Oszillator- bzw. Trägerfrequenz mitten im Empfangsband und ist sie gleichzeitig größer als das Nutzsignal, so kommt nur die Trägerfrequenz zur Anzeige. Es kann demnach jeweils nur ein Seitenband angezeigt werden, wenn man den Selektomat derart einstellt, daß die Trägerfrequenz außerhalb des benutzten Frequenzbereiches liegt.

C. Inbetriebnahme des Selektomat und allgemeiner Meßaufbau innerhalb eines Wobbelmeßplatzes

Bevor eine Reihe von Meßbeispielen aufgeführt wird, soll zunächst die Beschreibung eines Wobbelmeßplatzes folgen, der in Verbindung mit dem Selektomat arbeitet. Auch Eichung und Inbetriebnahme werden geschildert. Diese vorbereitenden Maßnahmen sind in allen Meßfällen gleich und gelten, sofern hier an manchen Stellen lediglich der Aufbau „Polyskop – Selektomat“ angeführt ist, beispielhaft auch für die Zusammenarbeit mit beliebigen anderen Wobbelmeßplätzen fremden Ursprungs. Bild 2 stellt die allgemeine Anordnung

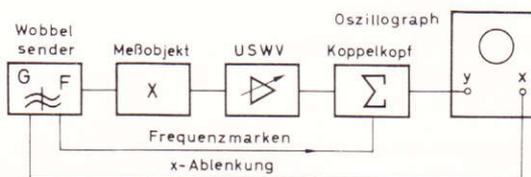


Bild 2 Frequenzgangmessung mit Selektomat, Wobbel sender und Oszillograph

eines Wobbelmeßplatzes dar. Der Selektomat wird zwischen den zu messenden Vierpol und den Oszillographen geschaltet. Bild 3 zeigt das Wobbelmeßgerät Polyskop in Verbindung mit dem Selektomat.

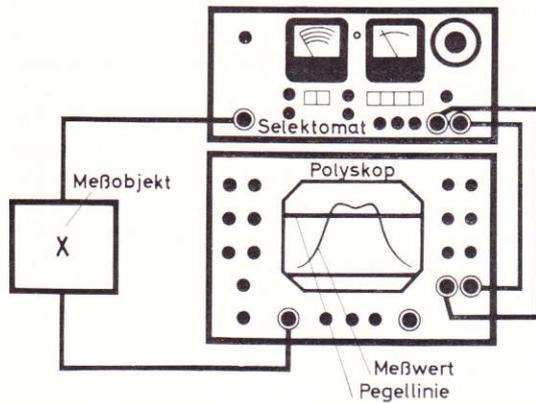


Bild 3 Frequenzgangmessung mit Selektomat und Polyskop

Pegelbetrachtung

Die Übersteuerungsgrenze des Selektomat liegt bei 100 mV Eingangsspannung (Eingangsteiler 0 db). Da die meisten Sender jedoch eine höhere Ausgangsspannung abgeben, muß diese mit Hilfe des Eingangsteilers vermindert werden, wodurch man zugleich eine Verbesserung des Eingangswiderstandes des Selektomat erreicht.

Das Polyskop hat eine EMK von 1 V, das sind 500 mV Ausgangsspannung beim Abschluß mit Z. Um jetzt die Spannung auf 100 mV zu reduzieren, sind 14 db Dämpfung einzuschalten. Man schaltet also den Selektomatteiler auf 10 db (10-db-Schritte) und den Polyskop-Ausgangsteiler auf die restlichen 4 db. Bei linearer Anzeige ist wegen der geringeren zulässigen Eingangsspannung größere Dämpfung einzuschalten.

Kontrolle des Frequenzbereiches

Eine Kontrolle des Frequenzbereiches ist anhand der auf dem Bildschirm erscheinenden ZF-Durchlaßkurven des Selektomat möglich (Bild 4). Die linke Resonanzkurve muß sich mit der Handabstimmung über den ganzen Bereich, d.h. über den ganzen Bildschirm, verschieben lassen. Da der Selektomat keine Vorselektion hat, entstehen zwei Resonanzkurven, die einen Abstand von 21 MHz (= 2 · ZF) haben. Der Oszillator des Selektomat liegt frequenzmäßig genau in der Mitte. Bei der linken Kurve schwingt der Oszillator oberhalb und bei der rechten Kurve unterhalb der Empfangsfrequenz. Die Empfangsbedingung, bei welcher der Oszillator oberhalb der Signalfrequenz liegt, wird für die automatische Nachstimmung ausgenutzt.

Mitlauf und eventuelle Störungen

Die linke Resonanzkurve wird mit der Handabstimmung an den linken Bildrand geschoben, und dann wird der Mitlauf eingeschaltet. Sofort folgt die Nachstimmereinrichtung des Selektomat der gleitenden Frequenz des Wobblers und schreibt auf dem Oszillographenschirm eine gerade Linie.

Dieser Mitlauf kann zuweilen durch **zwei Störungsursachen** unterbunden werden. Fast alle Wobblers werden bei ihrem Frequenzrücklauf ausgetastet und schreiben während der Austastphase die Nulllinie. Da jedoch der **Markengenerator**, z. B. beim Polyskop, nicht gleichzeitig ausgetastet wird und deshalb mit geringer Amplitude am Senderausgang erscheint, kann der Selektomat, der auch während der Austastzeit des Senders voll empfindlich ist, unter Umständen auf eine Spektrallinie des Markenspektrums abstimmen, was den einwandfreien Betrieb stört. Die Oszillatorfrequenz des Selektomat,

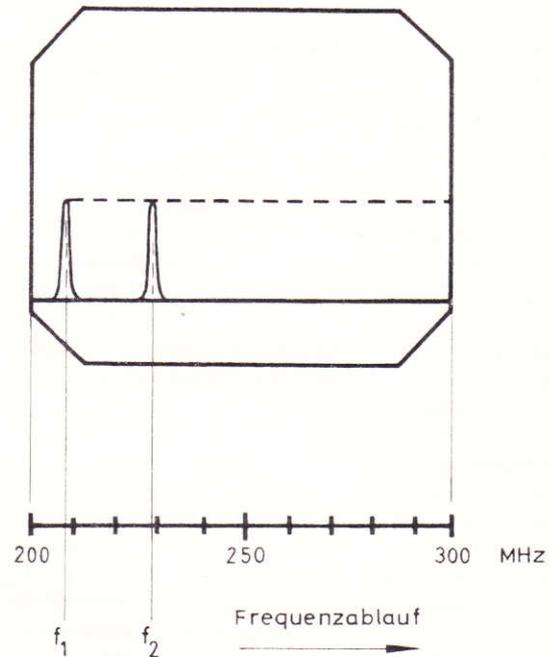


Bild 4 Die ZF-Durchlaßkurven des Selektomat

die durch die Nachstimmereinrichtung bis zur höchsten Frequenz folgt, kehrt in dem Moment, in dem die Signalamplitude unterbrochen wird, an den Bereichsanfang zurück, um sich an die Signalfrequenz erneut anzuhängen und mitzulaufen, sobald diese nach der Austastung wieder erscheint. Wenn nun auf diese Wartefrequenz am Anfang des Bereiches eine Spektrallinie des Markengebers fällt, bleibt die Nachstimmereinrichtung des Selektomat an dieser Stelle liegen und kann dann nicht der gleitenden Frequenz des Wobblers folgen. Abhilfe bringt eine geringe Verschiebung der Empfangsfrequenz mit dem Handabstimmknopf oder Ausschalten des Markengenerators des Wobblers (Polyskop).

Eine weitere Störung des Mitlaufs kann speziell bei der Verwendung des Polyskop auftreten, wenn dieses im unteren Frequenzbereich (0,5 bis 50 MHz) betrieben wird. In diesem Bereich nämlich erzeugt das Polyskop die Ausgangsfrequenz nicht direkt, sondern durch Mischung einer festen mit einer gewobbelten Oszillatorspannung. Der hierfür erforderliche

Breitbandverstärker hat ein **Rauschspektrum**, dessen Spitzen den Mitlauf stören können. Abhilfe schafft in diesem Fall die Einschaltung von weiteren 10 db Dämpfung am Selektomat.

In diesem Zusammenhang ist noch zu erwähnen, daß besonders im Labor oft starke Sender in Betrieb sind. Wenn diese ins Gerät bzw. ins Meßobjekt einstrahlen, können ähnliche Störungen verursacht werden. Diese Störerscheinungen sind hier sehr ausführlich beschrieben, um dem Benutzer des Selektomat die Ermittlung eventueller Störungsursachen zu erleichtern.

Eichung der Grundverstärkung des Selektomat und der Anzeige am Polyskop bzw. Oszillographen

Zuerst wird die Eichung der Grundverstärkung des Selektomat mit Hilfe des eingebauten Eichgenerators vorgenommen, und zwar gemäß der entsprechenden Eichvorschrift. Der Eichgenerator ist anschließend unbedingt wieder auszuschalten, da er sonst die Funktion des Gerätes stört. Sodann erfolgt die Eichung der Anzeige auf dem Polyskop bzw. Oszillographenbildschirm. Man speist dazu 100 mV Signalspannung ein (siehe Abschnitt „Pegelbetrachtung“) und bringt den Selektomat zum Mitlaufen (weiterer Eichvorgang siehe Gerätebeschreibung). Wichtig ist, daß beide Anzeige Kanäle, für Meßwert und Pegellinie, gleiche Verstärkung haben, die nach der Eichung nicht mehr verändert werden darf. Eventuelle Korrekturen der Bildhöhe dürfen nur noch mit den Eichteilern vorgenommen werden. Der Meßplatz ist jetzt betriebsbereit. Will man im linearen Maßstab messen, so sind zusätzlich 60 db Dämpfung zuzuschalten (maximale Eingangsspannung 100 μ V!). Der angezeigte Kurvenzug ist bei linearem Betrieb leicht verwechselt. Sollte dieses sehr stören, so kann man die Vorschaltdämpfung um 10 db vermindern und mit dem Regler „Grundverstärkung“ auf die frühere Bildhöhe zurückregeln. Dadurch wird der Rauschabstand besser.

Automatische Abstimmung

Sobald sich die Anfangsfrequenz des Polyskop (am linken Bildrand) durch Ändern der Mittelfrequenz oder des Frequenzhubs verschiebt, muß auch die Einsatzfrequenz des Selektomat von Hand nachgestellt werden. Diese Nachstimmung kann jedoch auch automatisch erfolgen! Man stellt den Regler „Mitlaufeinsatz“ etwa in die Mitte der Skala und drückt die Taste „autom.“.

Es spielt sich dann folgender Vorgang ab: Der Selektomat sucht mit 1 Hz Wiederholungsfrequenz seinen Empfangsbereich ab, beginnend mit der höchsten Frequenz f_{os} (Bild 5a, d). Das Polyskop (bzw. der Wobbelsender) hingegen läuft viel schneller, nämlich mit 50 Hz, von seiner tiefsten f_{up} zur höchsten Frequenz f_{op} (Bild 5b, d). Ziemlich am oberen Ende des Polyskopfrequenzbereiches trifft der

Selektomat zum ersten Mal auf die Senderfrequenz bei f_1 (Bild 5b, d) und wird sogleich das letzte Stück bis zur oberen Grenze des Polyskop mitgenommen. In der ZF des Selektomat entsteht dabei ein Impuls von der Dauer t_1 (Bild 5c), der den Sägezahn des Suchablaufs des Selektomat verlangsamt, ohne ihn jedoch vollständig abzubremsten (Bild 5d). Die Nachstimmrichtung, die der Signalfrequenz indessen bis zur höchsten Frequenz gefolgt ist, kehrt an eine Einsatzstelle zurück, die der inzwischen weitergelaufenen 1-Hz-Spannung der Suchautomatik entspricht. Beim nächsten Erscheinen der Polyskopfrequenz erfolgt die Mitnahme etwas früher bei f_2 , da die Empfangsfrequenz bzw. die Einsatzfrequenz des Selektomat während der Austastzeit des Polyskop (10 ms) entsprechend dem Suchablauf weiter zu tiefen Frequenzen hin gewandert ist, wenn auch schon etwas verlangsamt gegenüber dem Anfangsrhythmus von 1 Hz. Damit wird ebenfalls der ZF-Impuls breiter (t_2) und bremst den Suchablauf noch mehr. Bei jedem neuen Erscheinen der Polyskopfrequenz erfolgt die Mitnahme etwas früher, und zwar wird infolge des Abbremsens des Suchsägezahns die Vorverlegung des Mitnahmezeitpunktes immer zögernder, bis beim Erreichen der unteren Polyskopfrequenz der Suchablauf vollständig gebremst ist und auf dieser Frequenz liegen bleibt. Wird jetzt die untere Polyskopfrequenz verändert, so tastet sich der Selektomat erneut selbsttätig wieder an die neue Anfangsfrequenz heran, so daß immer die ganze Bildbreite des Polyskop ausgeschrieben wird.

Der ursprüngliche Suchsägezahn von 1 Hz wird von einem Sägezahngenerator erzeugt, in dem ein Kondensator über eine Röhre mit konstantem Strom entladen wird. Andererseits wird dieser Kondensator mit Hilfe der vorher begrenzten ZF-Impulse nachgeladen. Wegen der Begrenzung wird der Ladungsinhalt der Impulse abhängig von der Impulsbreite. Da das Polyskop mit einem Tastverhältnis von 1:1 arbeitet (10 ms), sind auch die ZF-Impulse bei Mitnahme über den vollen Bereich 10 ms lang, bzw. das ZF-Tastverhältnis ist 1:1.

Die Ladung durch diesen 10 ms-Impuls reicht gerade aus, um die Entladung des Kondensators zu kompensieren, und somit bleibt der Sägezahn der Suchautomatik stehen (Bild 5d). Mit dem Regler „Mitlaufeinsatz“ läßt sich der Nachladestrom beeinflussen, so daß Gleichheit von Ent- und Nachladung des Kondensators auch bei einem Tastverhältnis von etwas größer oder kleiner als 1:1 erreicht werden kann; damit ist die Einsatzfrequenz etwas verschiebbar.

Aus der Funktionsweise wird klar, daß diese Automatik an das Polyskop angepaßt ist. Das heißt, diese Automatik kann arbeiten, wenn der verwendete Wobbelsender mit etwa 1:1 getastet wird, wenn seine Wobbelfrequenz in der Größenordnung von etwa 50 Hz liegt (40 bis 60 Hz) und

wenn sein Frequenzablauf von tiefen zu hohen Frequenzen geht. Dieses dürfte für die meisten Wob-

Polyskop oder des Selektomat, erreicht wird, fällt die automatische Nachstimmung aus. Man muß dann entweder „von Hand“ weitermessen oder den anschließenden Frequenzbereich einschalten.

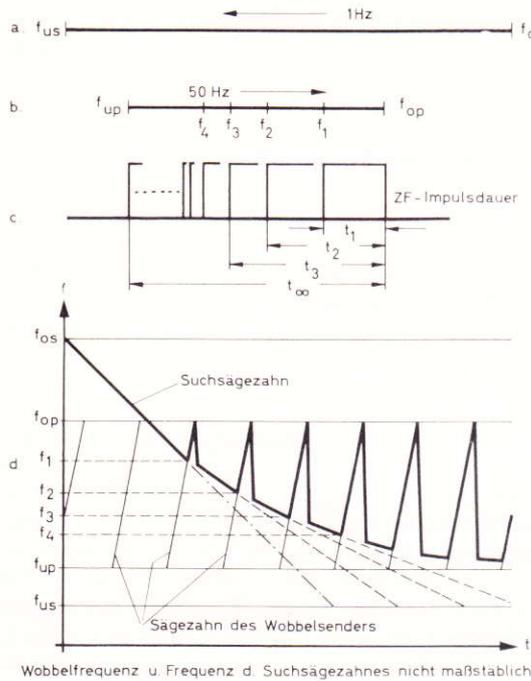


Bild 5 Darstellung der Funktion der Suchautomatik

- a) Selektomatbereich
- b) Polyskopbereich
- c) Verzögerungsimpulse
- d) der Suchablauf

Die automatische Empfindlichkeitsregelung

Bei der Inbetriebnahme des Suchvorganges wird gleichzeitig eine automatische Empfindlichkeitsregelung ausgelöst. Wegen der hohen Spannungsverstärkung würde die Suchautomatik auf das erste frequenznächste Signal ansprechen und sich auf dieses einstellen. Da die zu messenden Signale oft von einem Störspektrum begleitet sind, könnte auf diese Art und Weise ein Abstimmen auf die Meßfrequenz nicht erreicht werden. Aus diesem Grunde wird zu Beginn des Suchablaufes die Empfindlichkeit stark reduziert, nach Ablauf von 10 s steigt sie jedoch wieder auf ihren Höchstwert an. Solange keine Signalspannung vorhanden ist, wiederholt sich die automatische Empfindlichkeitsregelung ständig. Von einem zu messenden Signal, welches von einem Störspektrum begleitet wird, kann man annehmen, daß es die höchste Amplitude im Empfangsbereich hat*). Demnach wird auch der Suchvorgang bei langsam steigender Empfindlichkeit bei dieser Meßfrequenz beendet sein. Die Funktion der automatischen Empfindlichkeitsregelung ist im Prinzip verhältnismäßig einfach. Beim Einschalten des

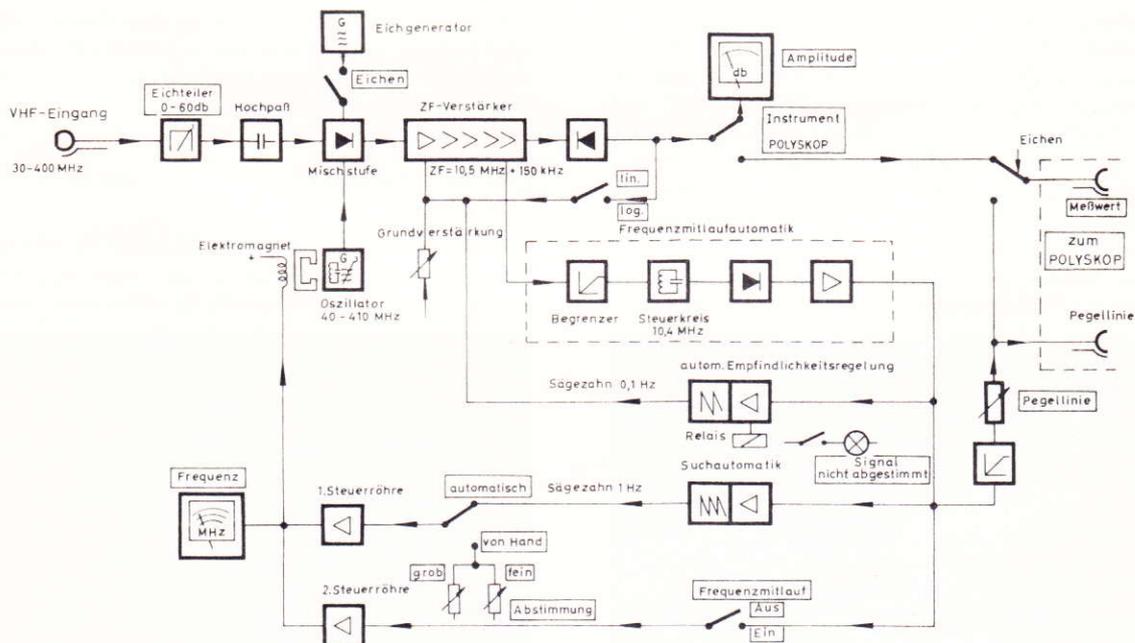


Bild 6 Blockschaltbild des Selektomat

belsender zutreffen. Die automatische Nachstimmung kann nur arbeiten, wenn der Selektomat den vollen Hub des Polyskop überstreichen kann, d. h. wenn sich die benutzten Frequenzbereiche voll decken. Sobald eine Bereichsgrenze, entweder des

„Mitlaufs“ (nur bei autom. Abstimmung) wird ein negativ aufgeladener Kondensator auf die Regel-

*) Andernfalls muß die Suchautomatik abgeschaltet und von Hand auf das gewünschte Signal eingestellt werden.

leitung des ZF-Verstärkers geschaltet, der sich in etwa 10 s über einen Widerstand entlädt. Durch den negativ geladenen Kondensator wird der ZF-Verstärker zuerst sehr unempfindlich, um mit abnehmender Kondensatorspannung schließlich wie-

der bis zur vollen Empfindlichkeit herauf geregelt zu werden.

Das Blockschaltbild (Bild 6) zeigt übersichtlich die Hauptfunktionen des Selektomat.

K. Baslau

Messungen mit dem Selektomat

In dieser Abhandlung werden die verschiedenen Meßaufgaben des Selektomat, unter Berücksichtigung der Meßgrenzen und Fehlermöglichkeiten, besprochen.

Teil A. behandelt den Selektomat als Vorverstärker zum Polyskop,

Teil B. behandelt den Selektomat als universellen VHF- bzw. UHF-Empfänger.

A. Die Anwendung des Selektomat als Vorverstärker bei Wobbelmessungen, insbesondere in Verbindung mit dem Polyskop

1 Messung passiver Vierpole

Die Meßanordnung eines Wobbelmeßplatzes mit dem Polyskop SWOB muß als bekannt vorausgesetzt bzw. kann im vorhergehenden Aufsatz nachgelesen werden. Sie ist außerdem in Bild 2, Seite 6, dargestellt. Wird gemäß der Meßanordnung das zu messende Objekt angeschaltet, so lassen sich gegenüber dem Kurzschlußbetrieb sofort Grund- und Fehlerdämpfungen von Filtern sowie der Dämpfungsverlauf mit Hilfe der Pegellinie ausmessen. Hierbei ist es vorteilhaft, wegen der besseren Auflösung kleine Dämpfungsunterschiede im linearen Maßstab zu messen.

Der Selektomat ist nur oberhalb einer Spannung von $10 \mu\text{V}$ funktionsfähig. Da die Nachstimmeinrich-

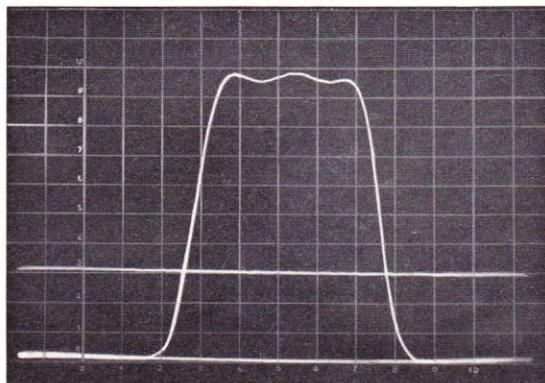
spricht. Hierzu ist der Hub des Polyskop so einzustellen, daß die Fußpunkte der Filterflanken so weit wie möglich an den Bildrand rücken, damit die erforderliche Spannung am Einsatzpunkt vorhanden ist.

2 Netzwerke mit Dämpfungspol

Ähnliches gilt für Durchlaßkurven, bei denen ein starker Dämpfungspol auftritt, z. B. in der Bildmitte, wobei die Eingangsspannung an dieser Stelle unter den Minimalwert von $10 \mu\text{V}$ absinkt. Natürlich setzt dadurch der Mitlauf aus, und die Nachstimmeinrichtung des Selektomat kehrt auf ihre Wartefrequenz am Bereichsanfang zurück (Bild 2). Entsprechendes geschieht auch beim nächsten und den darauffolgenden Durchgängen. Es kann also die Nachstimmeinrichtung nur bis zu diesem Dämpfungspol folgen. Ein Mitlauf jenseits des Dämpfungspols kann nur erreicht werden, wenn man die Einsatzfrequenz von Hand über diese Polstelle hinauschiebt, bis wieder der Minimalwert von $10 \mu\text{V}$ vorhanden ist, oder wenn man die Polstelle an den linken Bildrand verlegt, so daß die benötigten $10 \mu\text{V}$ wieder erscheinen. Die Messung muß in solchen Fällen demnach in zwei Etappen erfolgen.

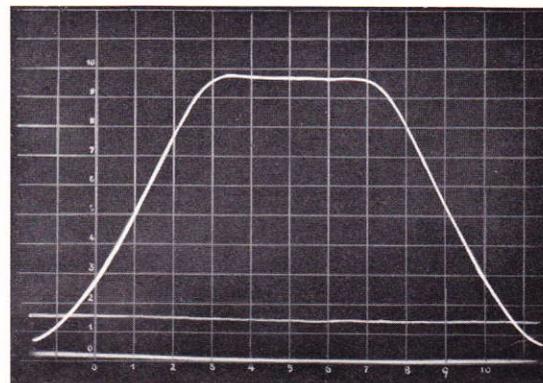
3 Vierpolmessungen mit dem Selektomat bei höheren Impedanzen

Wenn die zu messenden Vierpole, meist Verstärker, keinen 60Ω -Ausgang besitzen oder wenn den einzelnen Stufen eine Prüfspannung entnommen wer-



a) linear

Bild 1 Beispiel einer Filterkurve



b) logarithmisch

tung des Selektomat am linken Bildrand wartet, bis die Polyskopfrequenz den Anfangspunkt überläuft, muß das Signal bei der Einsatzfrequenz mindestens $10 \mu\text{V}$ Spannung aufweisen, damit der Mitlauf an-

den soll, um beispielsweise ZF-Verstärker abzugleichen, sind leicht herzustellende kapazitive oder induktive Auskoppelsonden zu verwenden. In ZF-Verstärkern stehen im allgemeinen verhältnismäßig

hohe Spannungspegel zur Verfügung, die entweder kapazitiv oder induktiv ausgekoppelt werden können, ohne daß eine praktisch erkennbare Frequenzverstimmung bzw. eine Rückwirkung auf das Meßobjekt festzustellen ist. Es sind in den eben aufgeführten Fällen natürlich nur qualitative Messungen möglich. Die Bauanleitungen für solche Auskoppelsonden sind auf Seite 15 angegeben.

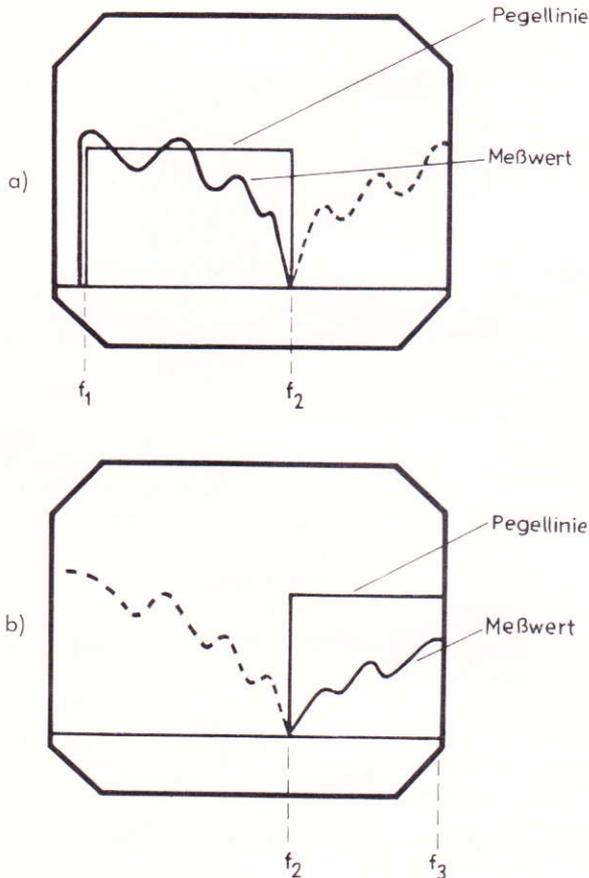


Bild 2 Meßverfahren bei extremen Dämpfungspolen innerhalb des Meßbereiches
 a) Messung von der unteren Frequenz f_1 bis zum Dämpfungspol f_2
 b) Messung vom Dämpfungspol f_2 bis zum Bereichsende f_3

4 Vierpole mit Frequenzumsetzung

Bei Messungen an Vierpolen, in denen eine Mischung stattfindet, kann der Selektomat auf die Zwischenfrequenz abgestimmt werden (Bild 3). Dabei ergeben sich jedoch folgende Probleme:

Ist die Oszillatorfrequenz des Meßobjektes höher als die Frequenz des eingespeisten Wobbelnsignals, so ist die Ablaufrichtung des ZF-Signals, welches sich aus der Summe beider Frequenzen ergibt (oberes Seitenband), gleich der des Polyskop, nämlich von tiefen zu hohen Frequenzen. Der Selektomat

arbeitet in diesem Falle normal (Bild 4). Das untere Seitenband jedoch läuft entgegengesetzt. Schwingt der Oszillator des Meßobjektes unterhalb der gewobbelten Frequenz, so wird die Oszillatorfrequenz zur Seitenfrequenz eines Trägers, der hier die gewobbelte Frequenz ist. Beide diskreten Seitenfrequenzen wandern mit dem gewobbelten Träger in gleicher Frequenzrichtung. Auch hier kann der Selektomat normal arbeiten.

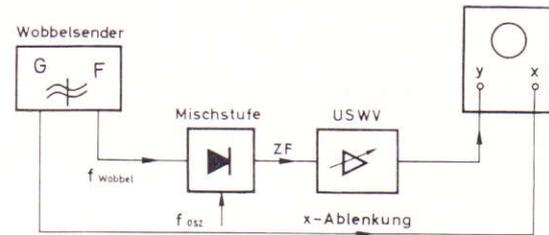


Bild 3 Anordnung zur Messung eines Vierpols mit Frequenzumsetzung

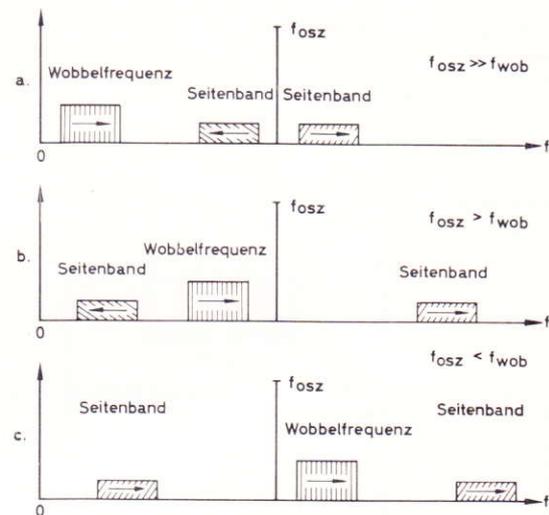


Bild 4 Möglichkeiten der Modulation von gewobbelter Frequenz und Oszillatorfrequenz eines Frequenzumsetzers

Wenn die ZF von hohen zu tiefen Frequenzen läuft (unteres Seitenband), kann die Nachstimmrichtung des Selektomat nicht folgen, da sie gemäß seinem Konstruktionsprinzip bei der unteren Frequenz wartet, um von dort aus zu den höheren Frequenzen mitzulaufen. Dieser Fall tritt bei fast allen üblichen Empfängern auf, denn im allgemeinen schwingt der Oszillator oberhalb der Empfangsfrequenz, und die entstehende Differenzfrequenz (unteres Seitenband) wird als Zwischenfrequenz gewählt. Um trotzdem Messungen durchführen zu können, befindet sich auf der Rückseite des Polyskop II ein Umschalter, mit dem die Ablaufrichtung der Sendefrequenz umgekehrt werden kann, so daß für den Selektomat die Zwischenfrequenz wieder richtig (von tiefen zu hohen Frequenzen) abläuft. Bei

dem Polyskop I besteht diese Umschaltmöglichkeit des Frequenzablaufes nicht, doch kann man diese Geräte behelfsmäßig umpolen, indem die Anschlüsse eines Transformators (Tr.1 oder Tr.2) im Inneren des Gerätes vertauscht werden.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, daß der Selektomat, sofern er mit Wobblern ohne Austastung betrieben wird, dauernd in beliebiger Richtung mitlaufen kann. Voraussetzung dafür ist aber, daß der Wobbelhub in jedem Falle innerhalb eines Frequenzbereiches des USWV bleibt.

5 Reflexionsfaktormessung

Ein anderes bedeutendes und zeitsparendes Anwendungsgebiet des Selektomat in Verbindung mit dem Polyskop ist die breitbandige Abbildung und Messung von Reflexionsfaktoren. Als zusätzliches Meßgerät wird hierzu ein Reflektometer (z. B. Type ZUP, BN 3569) benötigt. Mit diesem Meßaufbau lassen sich die hinlaufende und die rücklaufende Welle einzeln messen und anzeigen, und aus dem Pegelunterschied dieser beiden Wellen kann man den Reflexionsfaktor verhältnismäßig leicht bestimmen. Hierbei ist

$$1/p = 10^{\alpha/20}; \quad \alpha = 20 \log \frac{1}{p}$$

α = Rückflußdämpfung [db]; p = Reflexionsfaktor.

Meßaufbau (Bild 5): Sender (Polyskop), Empfänger (Selektomat) und Meßobjekt werden an die entspre-

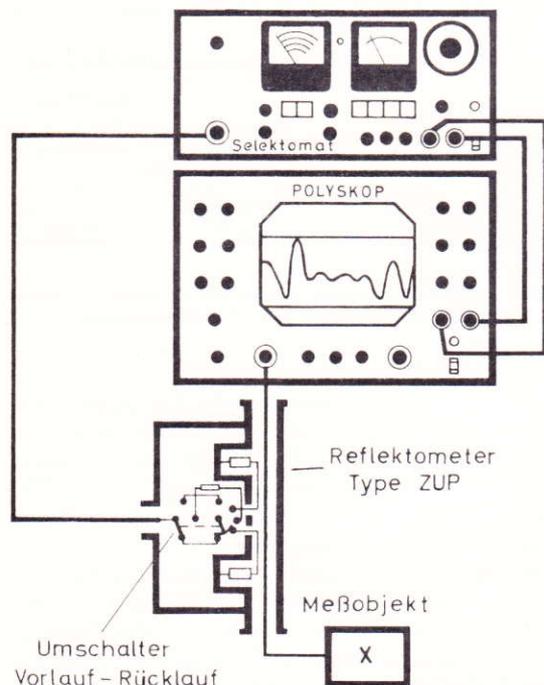


Bild 5 Messung des Reflexionsfaktors in Abhängigkeit von der Frequenz

*) Meßgrenze des ZUP etwa 0,5‰, entsprechend 46 db Rückflußdämpfung.

chend bezeichneten Anschlußstellen des Reflektometers angeschlossen, nachdem die Selektomat-anzeige (wie auf Seite 8 angegeben) im Kurzschlußbetrieb geeicht worden ist. Da das Reflektometer (Bild 6) für die hinlaufende Welle eine Grunddämpfung von 30 bis 40 db hat, ist eine Vorschalt-dämpfung (Polyskop- bzw. Selektomatteiler) überflüssig. Lediglich im linearen Betrieb sind zur Vermeidung von Übersteuerungen etwa 20 bis 30 db einzuschalten.



1980

Bild 6 Reflektometer Type ZUP

Mit der Pegellinie wird ein bestimmter Punkt des Kurvenzuges der hinlaufenden Welle gemessen, der db-Wert der Pegelskala festgestellt und dann das

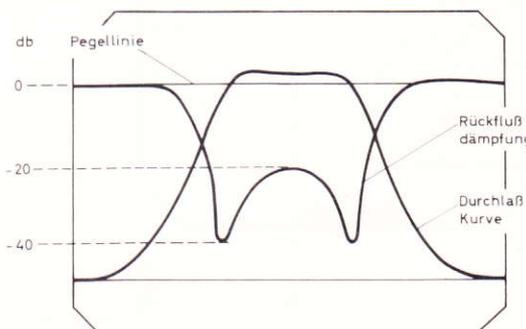


Bild 7 Reflexionsfaktor des Eingangswiderstandes eines Empfängers mit Zweikreisfiltereingang

Reflektometer auf „rücklaufende Welle“ umgeschaltet. Die Pegellinie wird auf der gleichen Abszisse (Transparentschema) mit dem Kurvenzug der rücklaufenden Welle zur Deckung gebracht und der Pegel abgelesen. Die Differenz der beiden gemessenen Pegel in db ergibt die Rückflußdämpfung des Objektes und damit den Reflexionsfaktor bei dieser Frequenz (Bild 7). Die Grunddämpfung der hinlaufenden Welle beträgt je nach Frequenz 30 bis 40 db. Nehmen wir z. B. an, sie belaufe sich auf 34 db. Wenn die Eichteile von Polyskop und Selektomat auf 0 db stehen, so ist die Eingangsspannung am Selektomat 34 db unter 500 mV, also 10 mV groß, es bleiben also für den Meßbereich der rücklaufenden Welle 60 db Dynamikbereich (10 mV bis 10 µV), d. h. es lassen sich theoretisch noch Reflexionsfaktoren von 100% bis zu 1‰ herab zusammenhängend darstellen und ausmessen*).

Sollte an einer Stelle der Reflexionsfaktor so gering werden, daß die Eingangsspannung von $10 \mu\text{V}$ am Empfänger unterschritten wird, dann setzt der Mitlauf an dieser Stelle aus. In einem solchen Falle muß man die Einsatzfrequenzen von Hand über diese „Einbruchstelle“ hinauschieben, um den Selektomat wieder zum Mitlaufen zu bringen.

Soll der Reflexionsfaktor in einem engeren Bereich genauer bestimmt werden, wie es z. B. für Präzisionsabschlußwiderstände erforderlich ist, so mißt man zweckmäßig im linearen Maßstab. Hierzu schaltet man auf „linear“ und setzt so viel Dämpfung hinzu, daß die vorlaufende Welle volle Bildhöhe ergibt. Bei rücklaufender Welle wird nun die Vorschaltdämpfung je nach Bedarf vermindert. Liegt der Reflexionsfaktor bei etwa 1% , so erniedrigt man die Dämpfung bei „rücklaufender Welle“ um rund 40 db und mißt mit der Pegellinie die Feinstruktur aus. Zu dem Ablesewert der Pegellinien-skala addieren sich dann natürlich die vorher fest eingeschalteten 40 db.

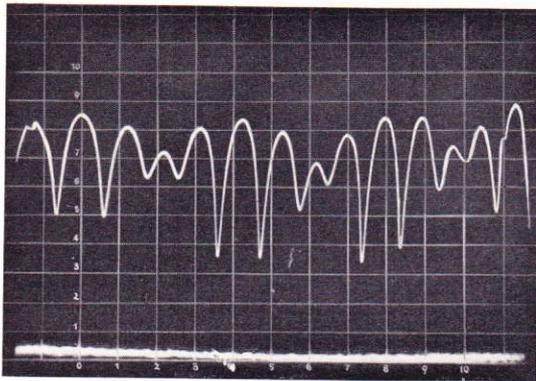


Bild 8 Reflexionsfaktor einer Breitbandantenne

Diese Breitbandabbildung des Reflexionsfaktors (Bild 8) bietet den besonderen Vorteil, daß die Auswirkung von Kompensationsmaßnahmen am Meßobjekt sofort auf dem Bildschirm zu beobachten ist. Die Zeitersparnis beim Abgleichen gegenüber der konventionellen Punkt-für-Punkt-Messung, ebenfalls beim Abgleichen von Filtern und Verstärkern, ist beträchtlich.

B. Der Selektomat als universeller Empfänger

1 Anwendungsmöglichkeiten

Der Selektomat bietet weiterhin eine Reihe von Vorteilen, wenn man ihn als Meßempfänger, Röhrevoltmeter oder auch als Panoramaempfänger verwendet.

Wird er zusammen mit einem Meßsender betrieben, so erleichtert er die Arbeit durch folgende Eigenschaften: Die Abstimmung kann automatisch

erfolgen. Dabei stellt eine automatische Empfindlichkeitssteigerung während des Suchvorganges sicher, daß der Selektomat das stärkste Signal im Empfangsbereich fängt, welches normalerweise das des Meßsenders ist. Beim statischen Betrieb mit dem Meßsender kann die Anzeige der Amplitude auf dem Anzeigeinstrument wahlweise logarithmisch oder linear erfolgen. Das zweite Instrument zeigt die Frequenz in MHz an. Jeder Frequenzänderung des Meßsenders folgt die Nachstimmeinrichtung sofort.

Wenn man jedoch keine Meßsenderfrequenz, sondern ein schwächeres Signal empfangen will (z. B. ein Störsignal), so muß man die Abstimmung von Hand vornehmen. Hierzu wird mit der Handabstimmung auf das interessierende Signal eingestellt und anschließend der Mitlauf eingeschaltet. Darauf dreht man die Handabstimmung an den linken Anschlag zurück, weil sonst bei einer Frequenzänderung des Signals der Mitlauf nur von dieser Signalfrequenz an aufwärts und zu ihr wieder zurück erfolgen kann, nicht jedoch über diesen Punkt hinaus zu tieferen Frequenzen.

Bei dieser Betriebsart können Störungen auftreten, wenn der Eingangsteiler betätigt wird, denn er unterbricht zwischen den Raststellungen den Eingangstromkreis. Dadurch fällt natürlich sofort der Mitlauf aus. In diesem Falle muß der Selektomat von Hand auf das Signal neu abgestimmt werden.

2 Fehlermöglichkeiten

In diesem Zusammenhang soll noch auf Störungen hingewiesen werden, die mitunter bei Betrieb mit Meßsendern auftreten können. Hierzu gehört in erster Linie das „Fangen“ auf einer **Oberwelle** des Meßsenders, wenn nicht übereinstimmende Frequenzbereiche eingestellt werden. Das kommt in der Praxis immer wieder vor. Das „Fangen“ auf der **Spiegelfrequenz** tritt nur äußerst selten auf. Der Fehlerzustand der Abstimmung ist daran erkennbar, daß das Frequenzanzeigeelement des Selektomats eine andere Frequenz als die wirklich eingestellte anzeigt, und zwar eine um 21 MHz niedrigere Frequenz. In diesem Falle ist der Suchvorgang erneut auszulösen.

Bei **Oberwellenmischung** erzeugt der Empfangsoszillator des Selektomats an der nichtlinearen Kennlinie der Mischdiode Harmonische der Grundfrequenz. Diese Oberwellen treten zwar nur mit sehr kleiner Amplitude auf, können aber zu Mischprodukten führen und zur Anzeige gelangen, da der Selektomat keine Vorselektion hat. Wenn mit dem Meßsender nur der Empfangsbereich des Selektomats überstrichen wird, ist Oberwellenmischung unmöglich, da der Oszillator innerhalb eines Empfangsbereiches niemals eine Oktave überstreicht. Der Empfangsbereich kann zwar eine Oktave umfassen, z. B. 30 bis 60 MHz, der Oszillator

des Selektomat jedoch schwingt in diesem Bereich, um die Zwischenfrequenz versetzt, oberhalb der Empfangsfrequenz, also in diesem Falle von 40,5 bis 70,5 MHz. Dieser Bereich ist aber kleiner als eine Oktave. Liegt die Meßfrequenz jedoch oberhalb des Empfangsbereiches des Selektomat, so ist Oberwellenmischung möglich. Daher sollte man sich vor dem Auslösen des Suchvorganges immer überzeugen, ob die Meßfrequenz im eingeschalteten Frequenzbereich des Selektomat empfangen werden kann.

3 Frequenzgangmessung mit dem Selektomat

Die Anordnung Meßsender–Selektomat ist besonders geeignet, um Dämpfungsverläufe mit sehr steilen Flanken zu messen. Für solche Aufgaben ist nämlich die „dynamische Messung“ oft unbrauchbar, da infolge der großen Durchlaufgeschwindigkeit der gewobbelten Frequenz das Meßobjekt nicht bis zu seiner vollen Amplitude einschwingen kann und somit eine falsche Amplitudencharakteristik vorgetäuscht wird. Das langsame Durchdrehen des Meßsenders von Hand ermöglicht eine echte Amplitudenmessung. In der Praxis tritt dieser Fall z. B. bei Resonanzkreisen sehr hoher Güte, wie Leitungskreisen oder Quarzfiltern, auf.

Dämpfungsverläufe von Quarzfiltern und anderen Vierpolen können mit dem Selektomat registriert werden, wenn man hierzu den R&S-Gleichspannungsschreiber Type ZSG, BN 18532, verwendet. Zu diesem Zweck ist eine Achskupplung entwickelt worden, welche mit der Abstimmung des Meßsenders mechanisch verbunden wird und dann eine Abszissenauslenkung proportional dem Drehwinkel der Abstimmung mit 120 mm pro Umdrehung der Meßsenderachse bewirkt. Der Selektomat schreibt dazu die Ordinate. Durch kurzes Betätigen der Markentaste des Gleichspannungsschreibers lassen sich besonders interessierende Frequenzen senkrecht zur Abszisse markieren.

4 Reflexionsmessungen

Der Selektomat kann anstelle jedes anderen Meßempfängers auch bei der statischen Messung von Reflexionsfaktoren in Verbindung mit einem Reflektometer (z. B. Type ZUP) vorteilhaft angewendet werden.

Da statische Meßsender in vielen Fällen eine höhere EMK als das Polyskop abgeben, ermöglicht dieser Meßaufbau theoretisch auch Messungen von Reflexionsfaktoren, die erheblich unter 1‰ liegen, d. h. von Rückflußdämpfungen, die größer als 60 db sind. In der Praxis gestatten jedoch die üblichen Reflektometer nur Messungen bis zu 50 db Rückflußdämpfung. Die Grenze der Meßempfindlichkeit hängt somit im allgemeinen von der Güte des verwendeten Richtkopplers ab. Die logarithmische Verstärkungscharakteristik des Selektomat läßt auch erhebliche Anpassungsschwankungen im Meßbereich sicher erkennen.

Bei Reflexionsfaktormessungen von Antennen muß beachtet werden, daß dieselben sehr leicht Störspannungen aufnehmen, die bis in die Größenordnung der eigentlichen Meßspannung reichen und das Arbeiten des Selektomat stören können. Hiergegen kann eine Drehung der Antenne, falls es sich um eine Richtantenne handelt, Abhilfe schaffen.

5 Panoramaempfang

Die Anwendung des Selektomat als Panoramaempfänger ist durchaus möglich, jedoch ist die Auswertung nicht ganz einfach, da jedes Signal doppelt erscheint (Spiegel). Zum Empfang wird der Mitlauf ausgeschaltet, während die automatische Abstimmung mit wahlweise 1 Hz (Taste „POL.“) oder 10 Hz (Taste „Instr.“) den Empfangsbereich überstreicht. Auf dem Bildschirm eines mit der Suchfrequenz synchronisierten Oszillographen erscheinen dann etwa vorhandene Signale als schmale Impulse. Falls eine Frequenzbestimmung notwendig ist, kann diese mit einem durchstimbaren Meßsender erfolgen.

K. Baslau

Vierpolmessungen mit dem Selektomat USWV bei höheren Impedanzen

Wiederholt ist bei Benutzung des Selektomat als nachteilig festgestellt worden, daß Vierpolmessungen nur bei niedrigen Impedanzen, 50 bzw. 60 Ω , durchgeführt werden können. Dies ist, insbesondere

100 mV aus, um den vollen Dynamikbereich des Selektomat (80 db) auszunutzen. Bei dieser in Bild 2 und 3 dargestellten Sonde muß man jedoch beachten, daß sie infolge der Spannungs-

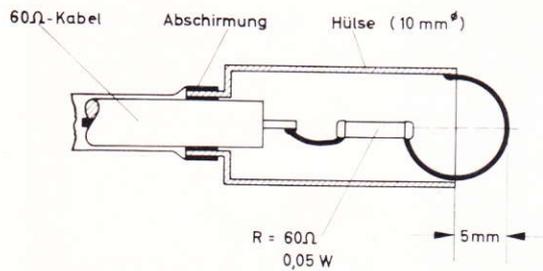


Bild 1 Aufbau einer induktiven Auskoppelsonde

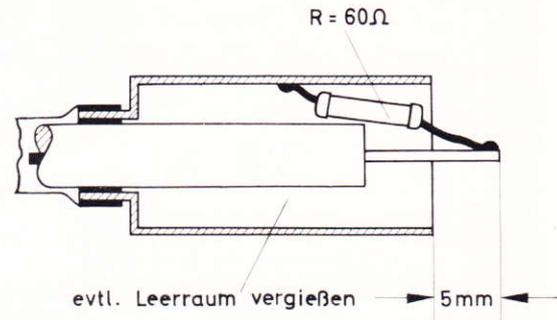


Bild 2 Aufbau einer kapazitiven Auskoppelsonde

beim Abgleichen von ZF-Verstärkern und dergleichen, ein Mangel, der sich jedoch durch die zusätzliche Anwendung einer Sonde leicht beheben läßt. Da in ZF-Verstärkern im allgemeinen verhältnismäßig hohe Spannungspegel zur Verfügung stehen, läßt sich auch eine ausreichende Spannung induktiv oder kapazitiv rückwirkungsfrei auskoppeln.

teilung zwischen der Koppelkapazität und dem 60 Ω -Leitungswellenwiderstand frequenzabhängig ist. Dieser Nachteil tritt jedoch nur bei Breitbandmessungen über einige MHz störend in Erscheinung.

a) Induktive Auskoppelsonde

Diese leicht herzustellende Auskoppelsonde läßt sich überall dort anwenden, wo Bandfilter oder sonstige Induktivitäten zugänglich sind, an denen die interessierende Spannung (Strom) auftritt.

Die hier in Skizze und Foto dargestellte Sonde (Bild 1 und 3) ist laborerprobt und in weiten Grenzen frequenzunabhängig. Durch die Wahl des Abstandes zwischen Sonde und Meßstelle läßt sich die Kopplung beliebig verändern.

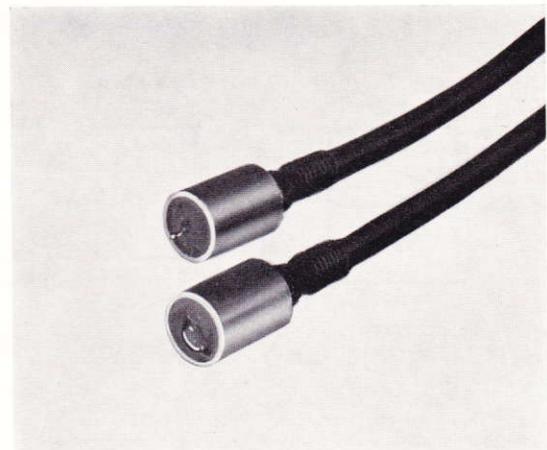


Bild 3 Ansicht einer induktiven und kapazitiven Auskoppelsonde

b) Kapazitive Auskoppelsonde

Auch diese Auskoppelsonde läßt sich leicht herstellen. Sie ist überall dort anwendbar, wo Bandfilter oder HF-Spulen nicht zugänglich sind. Bei ZF-Verstärkern genügt es meist schon, wenn die Sonde in die Nähe von Leitungen (auch Röhrenkolben) gebracht wird, welche hohe HF-Spannungen führen, um eine für die Messung ausreichende Spannung auszukoppeln. Es reichen

Beide Sonden, gleichzeitig verwendet, eignen sich recht gut zur Messung von Spulengüten, wenn man sendeseitig z. B. induktiv in die zu messende Spule einkoppelt und empfängerseitig kapazitiv auskoppelt. Es ist eine direkte Kopplung zwischen beiden Sonden und damit die Verfälschung der Messung ausgeschlossen.

K. Baslau

Anwendung des Polyskop SWOB für die Spektralanalyse im Mikrowellengebiet

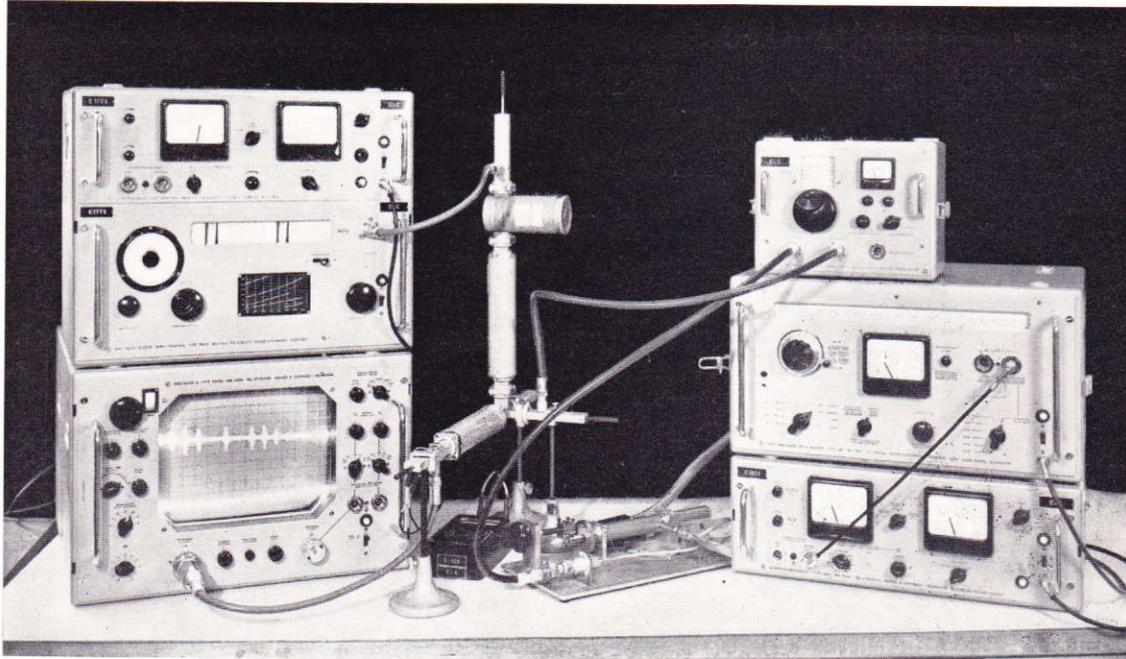


Bild 1 Ansicht des Meßplatzes zur Untersuchung des Spektrums eines modulierten Klystronsenders

10786

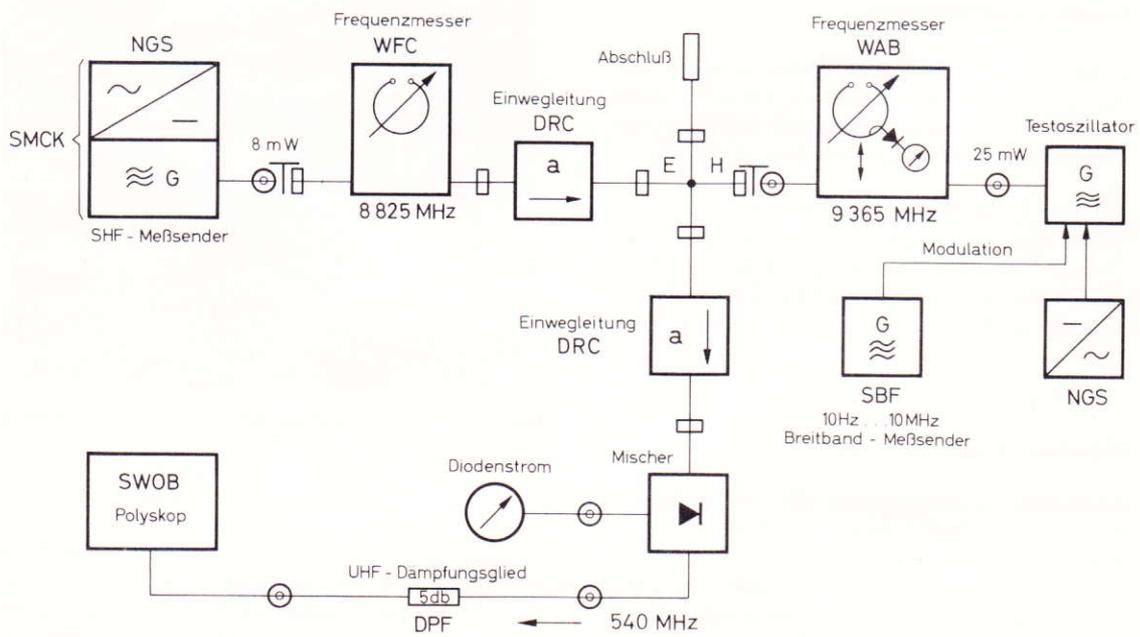


Bild 2 Blockschaltbild des Meßplatzes

In Mikrowellenlabors muß häufig das Spektrum eines Oszillators untersucht werden. Die bei diesen Frequenzen verwendeten Laufzeitröhren sind besonders empfindlich gegen unsaubere Speisespannungen und Einstreuungen magnetischer Felder. Auch Erschütterungen können eine unerwünschte Modulation des Oszillators hervorrufen. Als Quelle für die beiden letztgenannten Störarten kommt oft der meist notwendige, in der Nähe der Oszillatortröhre montierte Lüfter in Betracht.

Im folgenden wird ein einfacher Aufbau beschrieben, der mit Hilfe einiger Hohlleiterbauteile und eines Polyskop eine Spektralanalyse durchzuführen gestattet. Die Spannungsempfindlichkeit und Frequenzauflösung eines solchen Aufbaus sind zwar begrenzt; da aber die verwendeten Hohlleiterbauteile für das interessierende Band im Laboratorium sowieso vorhanden sind und das Polyskop wegen seiner vielseitigen Verwendbarkeit weit verbreitet ist, ist die Anordnung in vielen Fällen doch interessant.

Frequenz f_0 des Meßsenders wird so gewählt, daß die entstehende Differenzfrequenz $f_D = |f - f_0|$ in den Bereich des verwendeten SWOB fällt. Dieses Mischprodukt wird der Buchse „HF-Ausgang“ des SWOB zugeführt. Im Ausgangsspannungsmeßkopf wird es mit der gewobbelten Polyskop-Ausgangsspannung gemischt. Die entstehende Schwebung wird, soweit sie in den Durchlaßbereich des Y-Verstärkers fällt, auf dem Bildschirm in gleicher Weise wie die Frequenzmarken des eingebauten Markengebers angezeigt; d. h. die Auslenkung des Strahls bei jedem Wobbelhub ist infolge der unkorrelierten Phasenlage statistischen Schwankungen unterworfen. Die Hüllkurve sämtlicher Schwebungsanzeigen ergibt sich aus dem Ein- und Ausschwingverhalten des eingebauten Y-Verstärkers (Frequenzbereich 3 Hz ... 7 kHz). Damit ist auch schon die Auflösung des so aufgebauten Frequenzanalysators gegeben. Sie liegt beim kleinsten einstellbaren Wobbelhub (400 kHz) und der gegebenen Frequenzablaufzeit (10 ms) unter Berücksichtigung der Form der Durchlaßkurve des Y-Verstärkers bei 15 kHz.

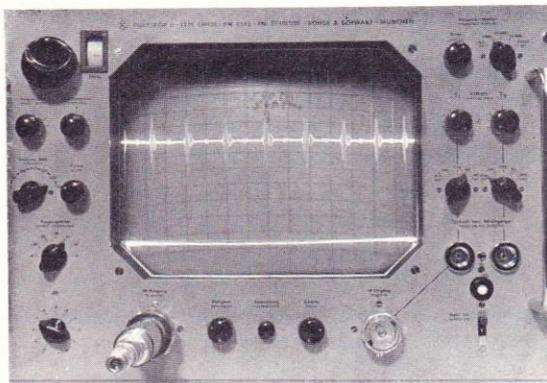


Bild 3 Eichen des SWOB mit 1-MHz-Marken

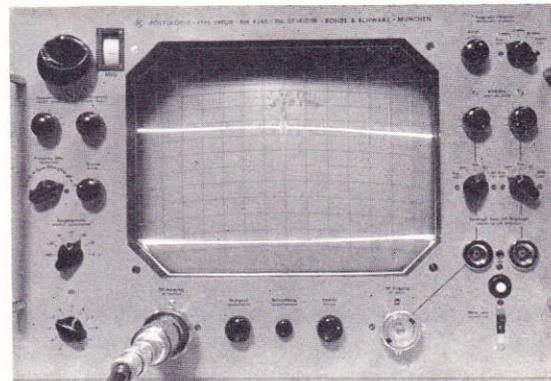


Bild 4 Unmodulierter Träger f_D bei 540 MHz

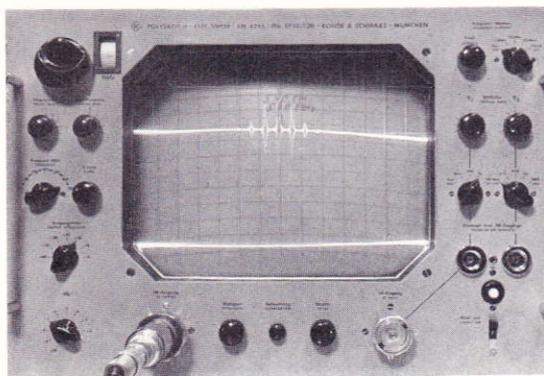


Bild 5 Versuchsozillator am Reflektor frequenzmoduliert mit $f_M = 320$ kHz und $U_M = 0,8$ V

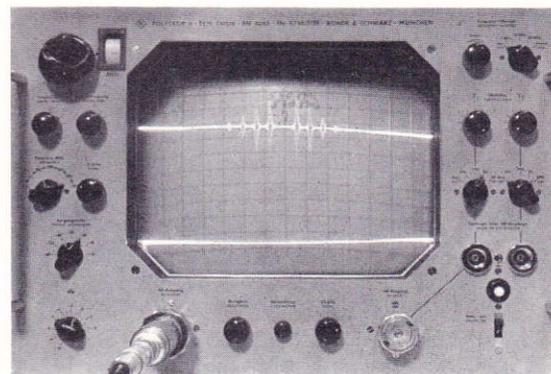


Bild 6 Modulationsspannung so groß, daß Träger verschwindet ($f_M = 320$ kHz, $U_M = 1,55$ V)

Das Meßprinzip:

Die zu untersuchende Spannung mit der Frequenz f wird mit der Ausgangsspannung eines Meßsenders mit möglichst kleiner Störmodulation gemischt. Die

Der Spannungsbedarf für eine Strahlauslenkung von ± 1 Skalenteil des Bildschirmrasters beträgt bei einem Wobbelhub von 400 kHz rund 5 mV. Er hängt außer vom Hub – mit wachsendem Wobbelhub

sinkt die Empfindlichkeit, weil der Anzeigeverstärker weniger Zeit hat einzuschwingen – auch von der Einstellung des Ausgangsteilers und des Bild-

Bild 1 zeigt die Ansicht des Meßplatzes, Bild 2 das Blockschaltbild. Die Eichung der Frequenzachse des SWOB mit den eingebauten 1-MHz-Marken ist in

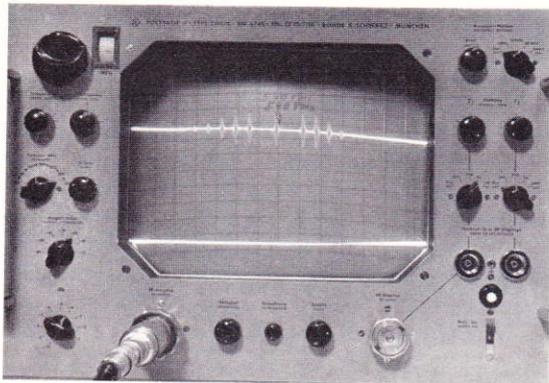


Bild 7 Modulationsspannung so groß, daß 1. Seitenbänder minimal werden ($f_M = 320 \text{ kHz}$, $U_M = 2,2 \text{ V}$)

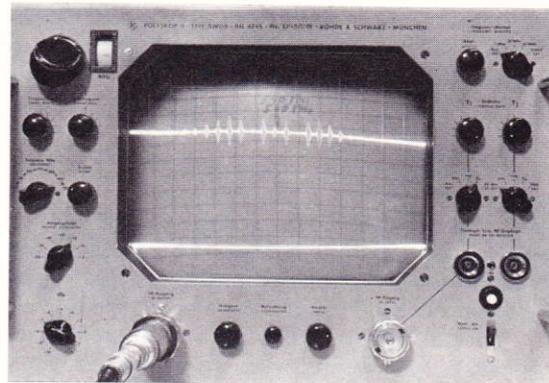
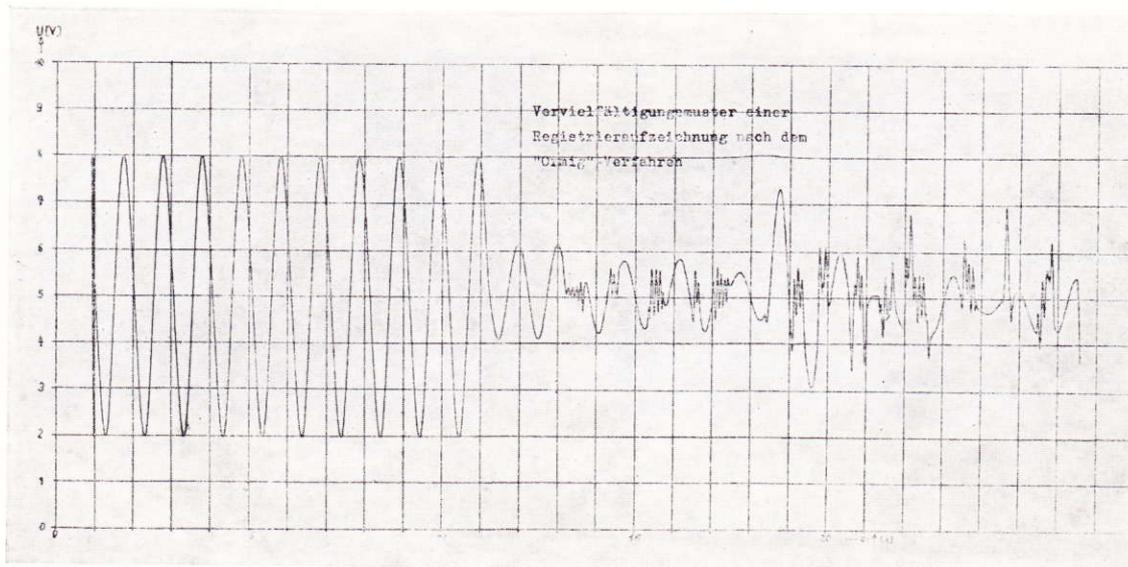


Bild 8 Modulationsspannung so groß, daß 2. Seitenbänder minimal werden ($f_M = 280 \text{ kHz}$, $U_M = 2,6 \text{ V}$)

höhenreglers ab. Für höchste Empfindlichkeit muß der Bildhöhenregler an seinem rechten Anschlag stehen. Der Ausgangsspannungsteiler ist in die Stellung zu bringen, bei der die Ausgangsspannung mit 8... 10 Skalenteilen auf dem Bildschirmraster angezeigt wird.

Bild 3 dargestellt. Durch eine vorangegangene Grobeichung mit 50-MHz- und 10-MHz-Marken wurde die Lage der mittleren 1-MHz-Marke mit 540 MHz bestimmt. Die folgenden Bilder 4 bis 8 zeigen das Spektrum des untersuchten Senders bei Modulation mit steigendem Modulations-Index.

K.-O. Müller



Reproduktion eines vervielfältigten Exemplares einer Registriereraufzeichnung. Koordinatenraster und Beschriftung sind nach der Aufzeichnung auf der Matrize angebracht.