

Schaltbares Bandpassfilter 1...18 GHz

Autor(en): **Benedickter, Hansrudolf / Eicher, Bernhard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **61 (1983)**

Heft 6

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875705>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Schaltbares Bandpassfilter 1...18 GHz

Hansrudolf BENEDICKTER, Zürich und Bernhard EICHER, Bern

Zusammenfassung. Das schaltbare Bandpassfilter dient zur Dämpfung der Oberwellen und Subharmonischen von Mikrowellen-Breitband-Wobbelgeneratoren. Bei der Messung von Amplitudengängen mit Diodendetektoren werden Messfehler, die durch unerwünschte Nebenfrequenzen entstehen, stark reduziert. Das Filter ist aus einzelnen Streifenleitungs-Bandpassfiltern aufgebaut, die mit Hilfe von PIN-Dioden umgeschaltet werden. Zur Steuerung des Filters wird eine Frequenz-Referenzspannung des Wobbelgenerators benötigt, wobei zusätzlich auch rechnergesteuerter Betrieb mit IEEE-488-Bus möglich ist.

Filtre passe-bande commutable dans la bande de 1...18 GHz

Résumé. Le filtre passe-bande commutable sert à atténuer les ondes harmoniques et les sous-harmoniques dans les vobulateurs à large bande pour microondes. Lorsqu'on mesure des courbes de réponse en amplitude avec des détecteurs à diode, les erreurs de mesure dues à des fréquences harmoniques indésirables sont fortement réduites. Le filtre se compose de plusieurs filtres passe-bande à microrubans pouvant être commutés à l'aide de diodes PIN. Le filtre est commandé par une tension de référence rapportée à une fréquence du vobulateur, le bus IEEE-488 permettant également le service commandé par calculateur.

Filtro passa-banda commutabile per la gamma di frequenze 1...18 GHz

Riassunto. Il filtro passa-banda commutabile serve ad attenuare le armoniche e le subarmoniche di vobulatori di microonde a banda larga. Se con rivelatori a diodi si misurano le caratteristiche d'ampiezza, gli sbagli di misurazione che si producono per frequenze spurie non desiderate vengono sensibilmente ridotti. Il filtro è costituito di singoli filtri passa-banda con linea a banda parallela, i quali vengono commutati con l'aiuto di diodi PIN. Per il comando del filtro è necessaria una tensione di riferimento della frequenza del vobulatore; è inoltre anche possibile l'esercizio comandato da calcolatore con IEEE-488-Bus.

1 Einleitung

Bei der Messung des Transmissions- und Reflexionsverhaltens von Mikrowellenkomponenten werden vielfach Breitband-Wobbelmessplätze mit mehreren Oktaven Bandbreite (z. B. 2...18 GHz) verwendet. Solche Messsysteme benötigen einen Breitband-Wobbelgenerator als Signalquelle, Richtkoppler oder Brückenschaltungen zur Trennung der hin- und rücklaufenden Welle (Reflexionsfaktormessung) sowie Elemente, die die Mikrowellensignale für die Weiterverarbeitung auf tiefere Frequenzen oder auf Gleichspannung umsetzen (Fig. 1). Diese Signalumsetzung wird heute bei vielen Systemen mit Diodendetektoren vorgenommen, die praktisch unabhängig von der Frequenz nur auf die Mikrowellenleistung reagieren (skalare Netzwerkanalysatoren). Die bisher erhältlichen Multi-Oktav-Wobbelgeneratoren — mit Ausnahme der neuesten Generation von Wiltron USA — weisen einen Oberwellenabstand von 20...30 dB auf. Der Messfehler wegen unerwünschter Harmonischendetektion kann daher — vor allem bei Filtermessungen — beträchtlich sein (Fig. 2). Bei Wobbelgeneratoren, die ihr Mikrowellensignal in den oberen Frequenzbereichen durch Vervielfachung einer Grundoszillatorschwingung erzeugen, treten als zusätzliche Fehlermöglichkeit auch subharmonische Signale auf.

2 Verbesserungsmöglichkeiten

Um die bestehenden Breitbandwobbelmessplätze zu verbessern, stehen folgende Lösungsmöglichkeiten offen:

1. Verbesserung der in den Wobbelgeneratoren eingebauten Oszillatoren durch den Hersteller
2. Einbau von zusätzlichen Tief- und Hochpassfiltern für einzelne Frequenzbereiche des Wobbelgenerators

3. Einsatz eines mit der Ausgangsfrequenz des Generators mitlaufenden Bandpassfilters

Zu 1:

Auf Massnahmen dieser Art können die Benutzer keinen Einfluss nehmen; zudem besteht bei den Herstellern kein grosses Interesse für solche Änderungen, weil der Einbau von Filtern in jedem Fall die Ausgangsleistung herabsetzt. Gegenwärtig besteht aber grosse Nachfrage nach immer grösseren Ausgangsleistungen für Wobbelgeneratoren.

Zu 2:

Diese Lösung entspricht dem Punkt 1. Allerdings werden heute vermehrt Oszillatoren mit Abstimmbereichen $\geq 2:1$ (z. B. 2...8 GHz) eingebaut, so dass die Filter eine Bandbegrenzung zur Folge hätten.

Zu 3:

Diese Lösung erscheint optimal, weil damit alle unerwünschten Frequenzen unter- und oberhalb der Nutzfrequenz unterdrückt werden können.

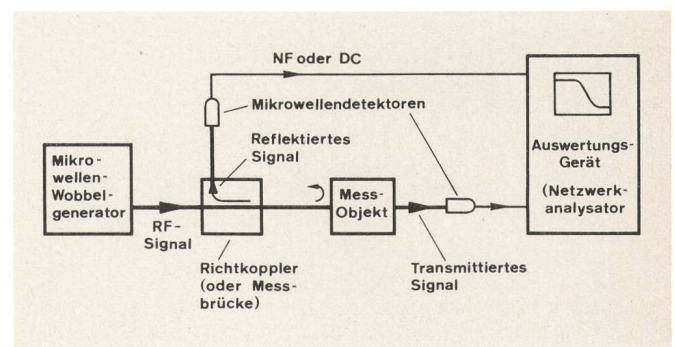


Fig. 1
Schema eines Mikrowellenmessplatzes für Transmissions- und Reflexionsfaktormessungen

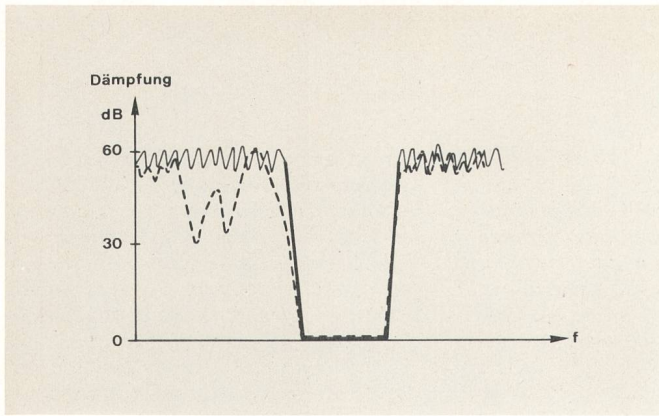


Fig. 2
Einfluss von Generator-Oberwellen auf die Messung eines Bandpassfilters (Messung mit Diodendetektoren)
— wirkliche Filterkurve
--- gemessene Filterkurve (Messung mit Diodendetektor bei einem Oberwellenabstand von etwa 30 dB)

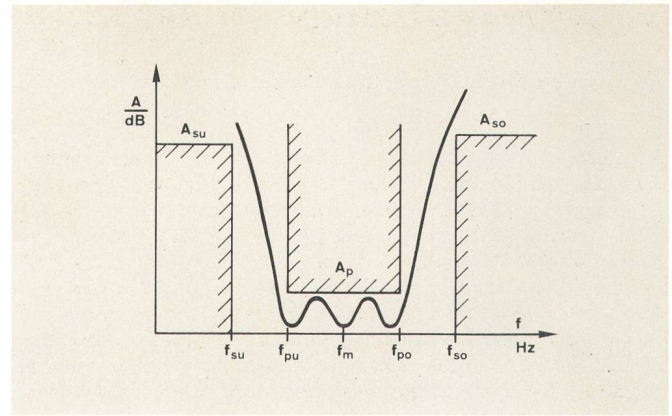


Fig. 3
Filterdefinitionen

Zu Lösung 3 sind verschiedene Realisierungen denkbar:

- magnetisch abstimmbare Filter, die Spinresonanzen in Ferritmaterialien (Yttrium-Iron-Garnet) ausnützen
- abstimmbare Filter mit Kapazitätsvariationsdioden oder Schaltdioden
- elektronisch oder mechanisch umschaltbare Bandpassfilter

3 Zielspezifikationen

Ein Zusatzgerät, das die erwähnten Nachteile von Breitband-Wobbelmessplätzen beseitigen kann, sollte folgende Eigenschaften aufweisen (Frequenz- und Dämpfungsnotationen, Fig. 3):

1. Frequenzbereich: 1...18 GHz
2. Momentanbandbreite, bezogen auf Generatorkennfrequenz: $\geq \pm 3\%$
3. Durchlassdämpfung: $A_p \leq 3$ dB
4. Reflexionsfaktor: $r \leq 0,20$
5. Sperrfrequenzen: $f_{su} = \frac{f_{po}}{2}$, $f_{so} = 2 f_{pu}$
6. Sperrdämpfungen: $A_{su} \geq 20$ dB, $A_{so} \geq 35$ dB
7. Wobbelgeschwindigkeiten 100 MHz/s...200 GHz/s
8. Im Filter entstehende Oberwellen bei maximal 40 mW Generatorleistung: $P_o/P_{gen} \leq -70$ dB

Zu 2:

Gesamttoleranzen für die Ungenauigkeit der Wobbelreferenzspannung: Hinreichend für hp-8620-, 8690-, Narda-9500-, Weinschel-430-, Wiltron-610D-Wobbelgeneratoren

Zu 4:

Harte Forderung, sollte aber nur wenig überschritten werden.

Weil Entwicklung und Bau eines solchen Zusatzgerätes die Kapazität der entsprechenden Fachgruppe der Abteilung Forschung und Entwicklung der Generaldirektion der PTT-Betriebe überstieg, wurde das Mikrowellenlaboratorium der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETHZ) um eine erste Realisierbarkeitsstudie gebeten. Aufgrund dieser ersten Untersuchungen erteilten die PTT der ETHZ einen Entwicklungsauftrag für den Bau eines mitlaufenden Bandpassfilters.

4 Schaltbares Bandpassfilter 1...18 GHz in Streifenleitungstechnik

Das hier beschriebene schaltbare Bandpassfilter [3] dient dazu, die Oberwellen von Breitband-Wobbelgeneratoren um zusätzlich mindestens 35 dB zu dämpfen, so dass ein Harmonischenabstand von üblicherweise mehr als 60 dB erreicht wird. Subharmonische Signale werden um mindestens 20 dB reduziert. Damit das Bandpassfilter im richtigen Frequenzbereich arbeitet, muss sein Steuergerät vom Wobbelgenerator eine Information über dessen momentan eingestellte Frequenz erhalten; dies geschieht mit einer Gleichspannung, die mit der Frequenz im Zusammenhang steht (Fig. 4). Damit ist das Bandpassfilter in der Lage, automatisch der Momentanfrequenz des Generators zu folgen, wobei es Oberwellen und Subharmonische dämpft. Das Filtersteuergerät ist für den Betrieb mit Wobbelgeneratoren von Hewlett Packard, Weinschel, Wiltron, Narda, Marconi usw. vorbereitet; es kann auch mit General Purpose Interface Bus (GPB, IEEE-488-Interface) von einem Rechner gesteuert werden.

Das Filter ist aus einzelnen, festabgestimmten Streifenleitungs-Bandpassfiltern aufgebaut, deren Durchlassbereiche frequenzmässig nebeneinanderliegen und sich gegenseitig etwas überschneiden. Die Durchlassbereiche der total sieben Bandpassfilter reichen von 0,98 GHz beim untersten Filter bis etwa 18,5 GHz beim obersten,

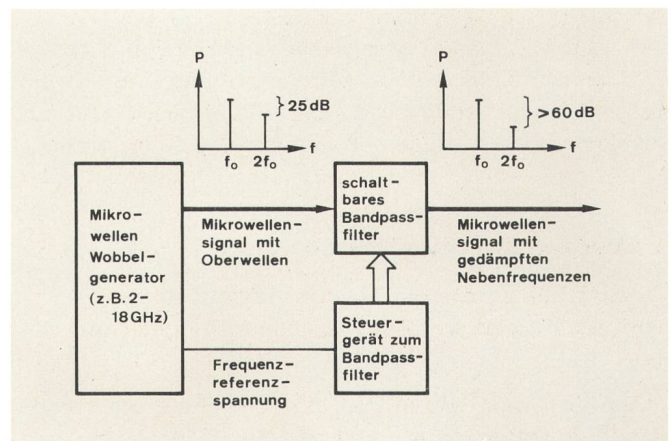


Fig. 4
Breitband-Wobbelgenerator mit nachgeschaltetem Bandpassfilter

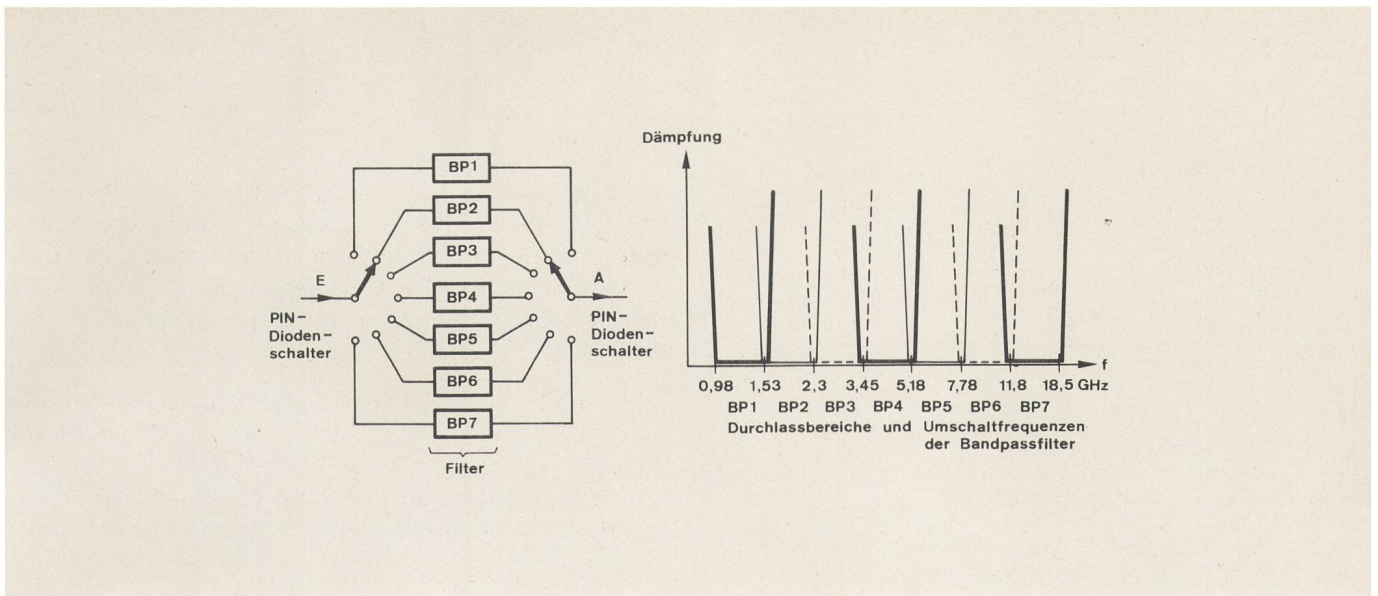


Fig. 5
Filterschema

wobei die Bandbreite jedes Einzelfilters etwa 50 % beträgt (Fig. 5). Aus dieser Filterreihe wird mit Hilfe elektronisch gesteuerter PIN-Diodenschalter das Bandpassfilter mit dem gewünschten Durchlassbereich gewählt. Wenn über einen breiten Frequenzbereich gewobbelt wird, geschieht das Umschalten von einem Bandpassfilter auf das nächsthöhere jeweils in den Überlappungsbereichen bei den in Figur 5 angegebenen Schaltfrequenzen. Der Umschaltvorgang dauert ungefähr 1...2 μ s.

41 Einzel-Bandpassfilter

Die einzelnen Bandpassfilter sind in Streifenleitungstechnik aus $\lambda/4$ -Leitungselementen aufgebaut: sieben kurzgeschlossene Parallelstichleitungen mit den Wellenimpedanzen Z_i werden durch sechs $\lambda/4$ -Leitungen mit den Wellenimpedanzen $Z_{i,i+1}$ miteinander verbunden (Fig. 6). Die Wellenimpedanzen der Leitungselemente liegen im Bereich 25...75 Ω bei einem Bezugswellenwi-

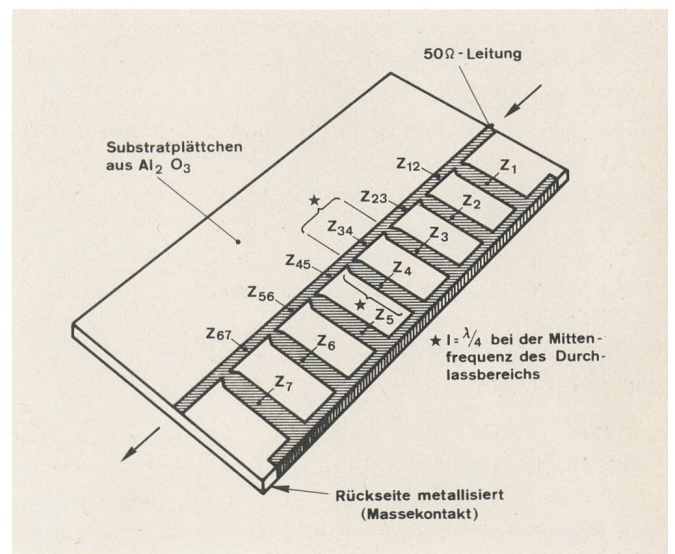


Fig. 6
Bandpassfilter mit $\lambda/4$ -Leitungselementen in Streifenleitungstechnik

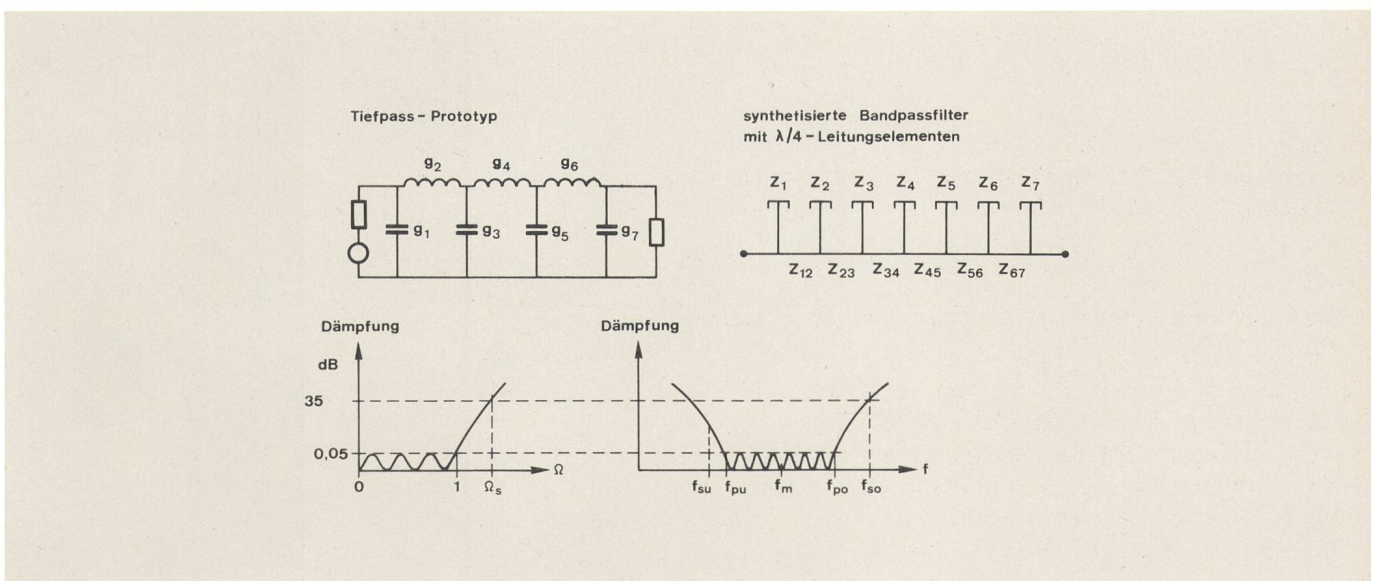


Fig. 7
Tiefpass-Bandpass-Transformation: Tiefpassprototyp und synthetisiertes Bandpassfilter mit kurzgeschlossenen $\lambda/4$ -Stichleitungen

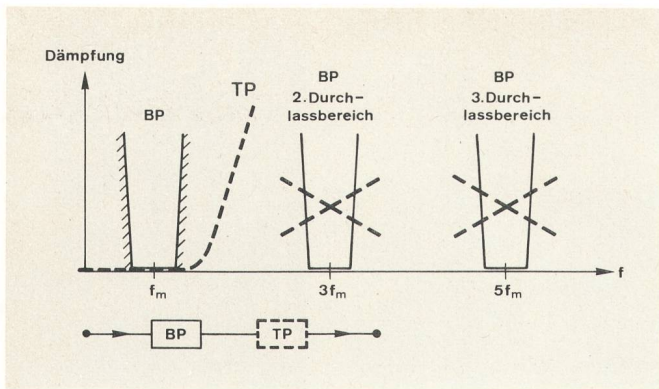


Fig. 8
Funktion der Tiefpassfilter

derstand von 50Ω . Die Filterstruktur ist auf fotolithografischem Weg auf ein goldbeschichtetes Aluminiumoxidsubstratplättchen mit einer relativen Dielektrizitätskonstanten $\epsilon_r = 10$ aufgebracht. Die goldbeschichtete Substratrückseite wirkt als Massekontakt. Die Filter sind mit Hilfe einer Tiefpass-Bandpass-Transformation von einem konzentrierten Tiefpassprototyp abgeleitet (Tschebyscheff-Typ, Grad 7, Durchlasswelligkeit 0,05 dB Reflexionsfaktor 0,1, Fig. 7) [1].

Da die Filter aus Leitungselementen bestehen, die ein periodisches Frequenzverhalten aufweisen, treten höhere Durchlassbereiche bei den ungeraden Vielfachen der Mittenfrequenz f_m auf. Diese unerwünschten höheren Durchlassbereiche werden durch zusätzliche, in Kaskade geschaltete Tiefpassfilter gesperrt (Fig. 8).

42 Tiefpassfilter

Die Tiefpassfilter sind — wie die Bandpassfilter — in Streifenleitungstechnik aufgebaut; anstelle der kurzgeschlossenen Parallelstichleitungen werden jedoch leerlaufende Leitungen verwendet. Je nach der benötigten Sperrbandbreite werden verschiedene Filtertypen benutzt; für verhältnismässig kleine Bandbreiten genügen

leicht modifizierte Tschebyscheff-Filter, die — ähnlich wie die Bandpassfilter — von einem konzentrierten Prototyp abgeleitet sind und mit einer einfachen Tiefpass-Tiefpass-Transformation in den Leitungselementebereich übertragen werden.

Für grössere Sperrbandbreiten werden Filter verwendet, die an beiden Enden ein Zobelement zur Anpassung besitzen und dazwischen leerlaufende Stichleitungen unterschiedlicher Länge aufweisen, wodurch im Sperrbereich die Dämpfungsmaxima in geeigneter Weise über die Frequenzachse verteilt werden (Fig. 9) [2].

Bei der Filtersynthese besteht das Hauptproblem darin, dass die Leitungs-Wellenimpedanzen in Streifenleitungstechnik (bei Al_2O_3 -Substrat) nur im Bereich von etwa $25 \dots 100 \Omega$ hergestellt werden können, da die Leitungen sonst entweder zu breit oder zu schmal werden.

43 PIN-Dioden-Schalter

Bei Mikrowellenfrequenzen ist es üblich, schnelle Schalter mit Hilfe von PIN-Dioden herzustellen, da damit wesentlich bessere Daten erreicht werden als mit anderen Halbleiterelementen.

Zum Einschalten des gewünschten Einzelfilters werden zwei PIN-Dioden-Schalter mit je einem Eingang und sieben Ausgängen benötigt (Fig. 5). Da es nicht einfach ist, mikrowellenmässig gute $1 \dots 18$ -GHz-Schalter mit sieben Ausgängen zu bauen, wurden jeweils drei einfacher herstellbare Schalter mit je drei Ausgängen in Kaskade geschaltet. Der Aufbau der Schalter ist aus Figur 10 ersichtlich. Jeder der drei Schalterzweige besitzt je eine Serie- und eine Paralleldiode, die auf Masse führt. Im «Ein»-Zustand ist die Paralleldiode gesperrt und die Seriediode leitend; im «Aus»-Zustand ist es umgekehrt. Mit dieser Anordnung werden Sperrdämpfungen von rund 30 dB je Schalter erreicht.

Um die PIN-Dioden in Durchlass- bzw. in Sperrichtung schalten zu können, werden Steuerströme und -span-

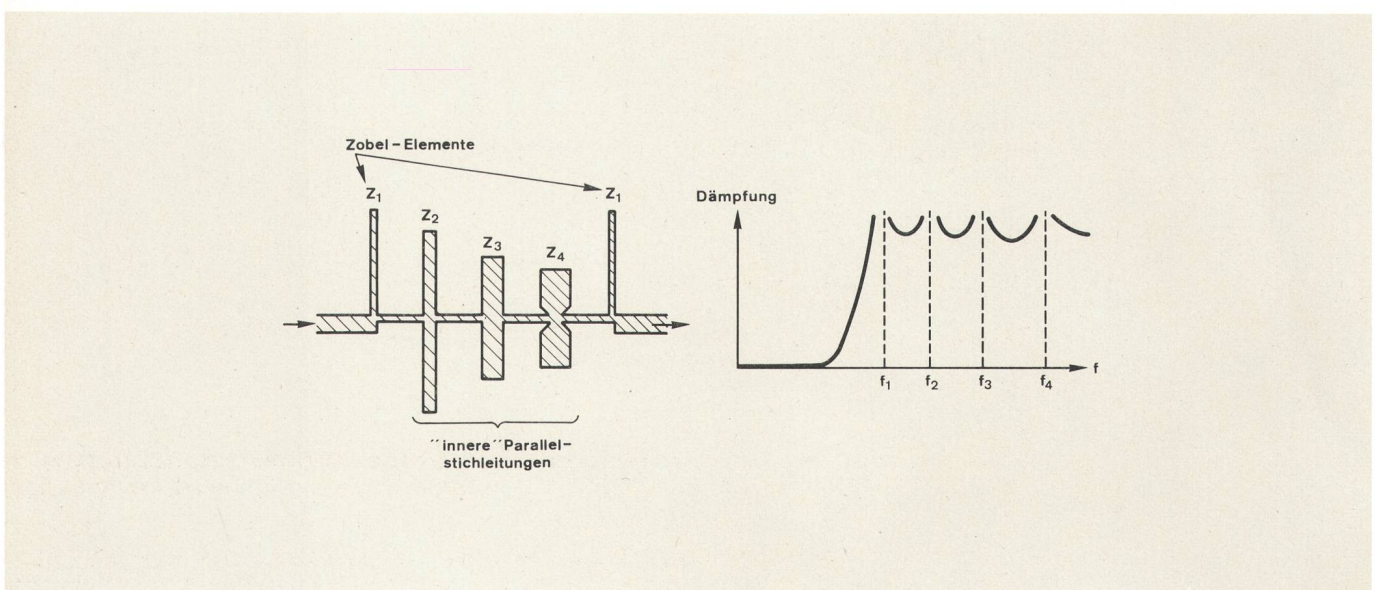


Fig. 9
Tiefpassfilter in Streifenleitungstechnik mit Zobelementen

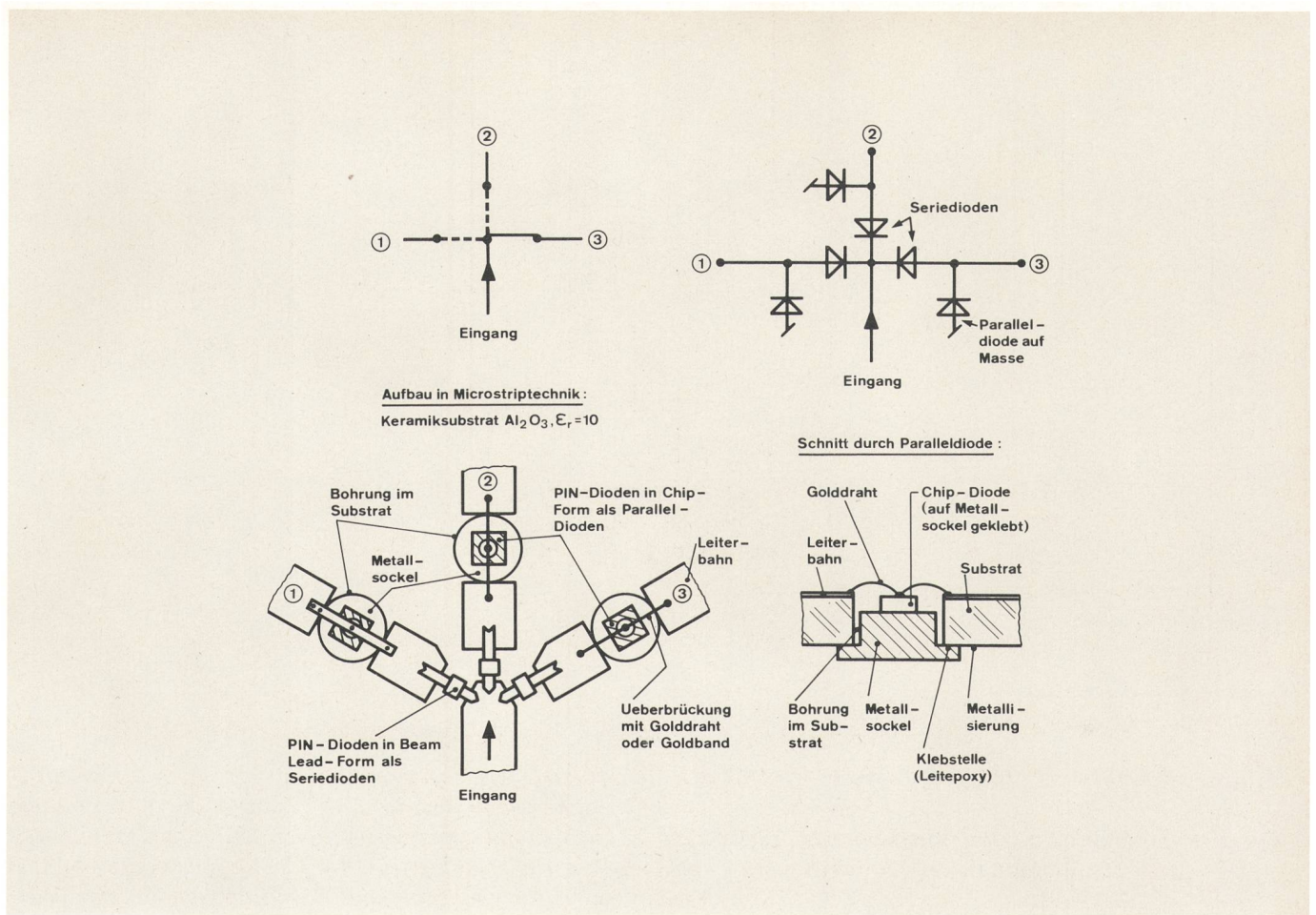


Fig. 10
Aufbau der PIN-Dioden-Schalter

nungen benötigt, die den Dioden mit Hilfe von LC-Netzwerken zugeführt werden (Fig. 11).

Um die Oberwellenerzeugung durch die PIN-Dioden klein zu halten, werden verhältnismässig grosse Steuerströme (30...80 mA) sowie Sperrspannungen von etwa 26 V verwendet. Die Steuerelektronik befindet sich im separaten Steuergerät.

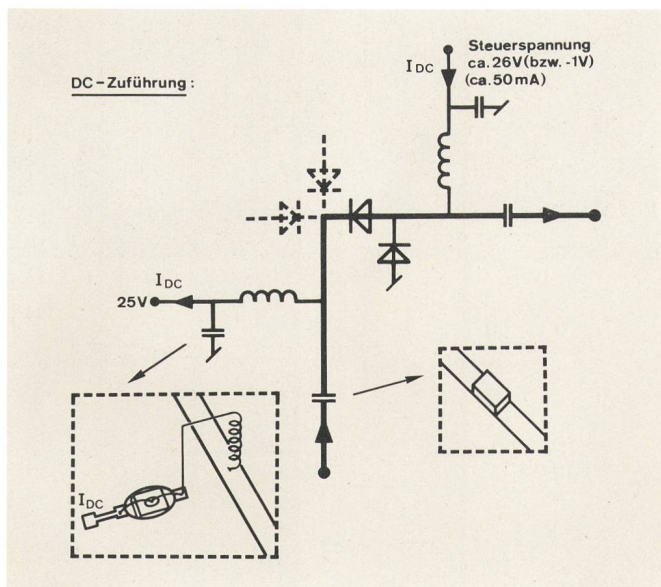


Fig. 11
Zuführung der Schalter-Steuerströme

5 Gesamtaufbau des schaltbaren Filters

Der Aufbau der Gesamtschaltung ist in *Figur 12* dargestellt. Alle Filter und Schalter sind in Streifenleitungstechnik auf Aluminiumoxidsubstrat mit Gold als Leitermaterial aufgebaut. Für die Schalter S3 und S6 sowie die Filter TP 6, BP 6 und BP 7 wird Substrat mit der Dicke 0,254 mm (10 mil) verwendet, bei den übrigen Schaltungen beträgt sie 0,635 mm (25 mil).

Das Filter weist folgende Daten auf:

- Durchlassbereich (Fig. 13) Dämpfung:
- 0,98...1,05 GHz: 6...7 dB
- 1,05...18 GHz: 3,5...6 dB

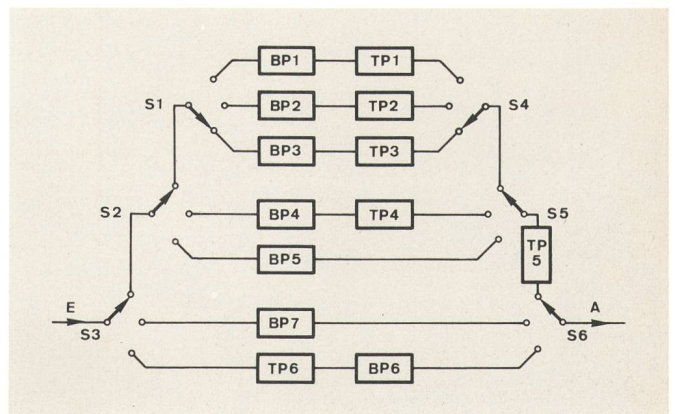


Fig. 12
Anordnung der PIN-Dioden-Schalter, Bandpass- und Tiefpassfilter in der Gesamtschaltung

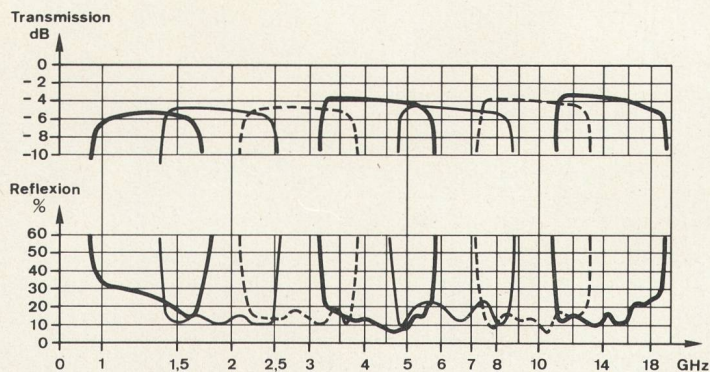


Fig. 13
Filterkurven vor Einbau in Gehäuse

Reflexionsfaktor: $r \leq 0,31$ (im Bereich 1,4...16 GHz
 $r \leq 0,25$)

- Sperrbereich Dämpfung der Oberwellen: ≥ 35 dB
Dämpfung der Subharmonischen:
 ≥ 20 dB

Der 35-dB-Sperrbereich reicht bis 37 GHz.

Figur 14 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus der Gesamtschaltung mit den Filtern für die obersten Durchlass- und Sperrbereiche.

6 Anpassarbeiten für den praktischen Einsatz des schaltbaren Bandpassfilters bei den PTT

In der vorliegenden Ausführung des Bandpassfilters weisen die einzelnen Teilbereichsfilter stark unterschiedliche Durchlassdämpfungen auf.

Die Anschlussstecker Typ APC-3,5 sind für den Laborbetrieb zu heikel, entsprechend dem Frequenzbereich 1...18 GHz wäre ein N-Stecker vorteilhafter.

Der Hochfrequenzteil des Bandpassfilters wurde deshalb in ein robustes Aluminiumgehäuse eingebaut und

am Ausgang mit einem Richtkoppler für eine Pegelregelung versehen (Fig. 15). Die zusätzlichen Leitungen und Steckverbindungen verursachen bei hohen Frequenzen (von etwa 10 GHz an) weitere Einfügungsdämpfung und rasch aufeinanderfolgende Dämpfungsvariationen (Welligkeit), die jedoch durch die Pegelregelung ausgeglichen werden.

Die Wirkung der Pegelregelung zeigt Figur 16.

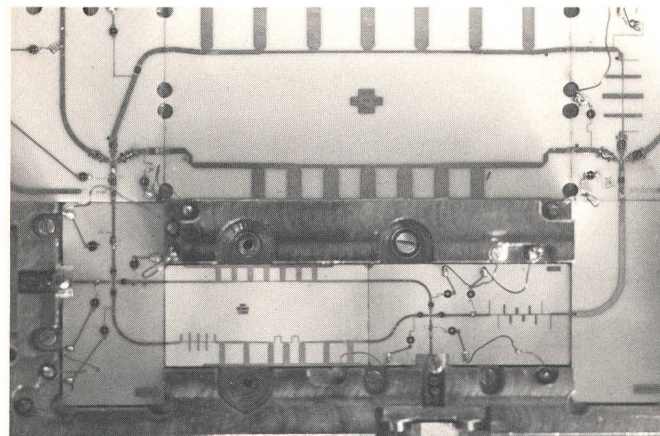
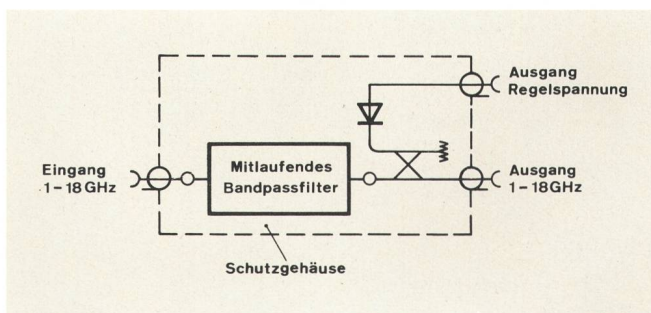
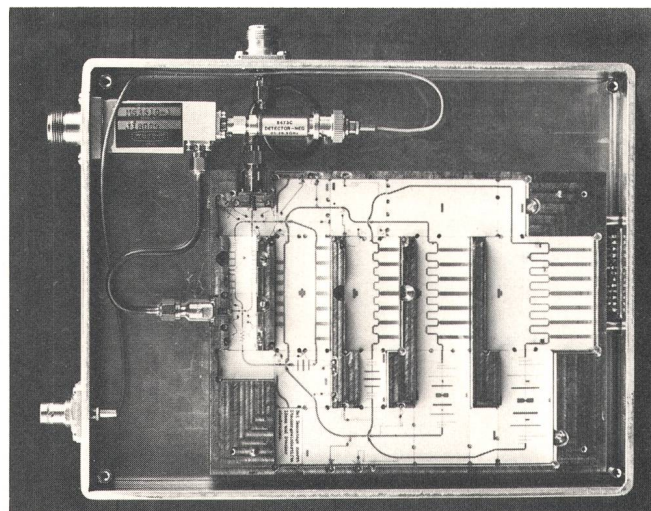


Fig. 14
Teilansicht der Gesamtschaltung

Fig. 15
Schema und Ausführung des fertigen Filters

7 Messergebnisse

Die von den PTT vorgeschlagenen Zielspezifikationen (Abschnitt 3) konnten mit der gewählten Lösung bis auf drei Punkte eingehalten werden.

- Die geforderte Dämpfung für Harmonische der Generatorfrequenz kann nur bis 37 GHz eingehalten werden. Oberhalb 37 GHz ist die Harmonischendämpfung ≥ 30 dB.
- Die durch den Aufbau bedingten verhältnismässig grossen Leitungslängen führten zu Einfügungsdämpfungen von maximal 7 dB, zudem entstehen bei den Umschaltfrequenzen Dämpfungssprünge bis zu 2 dB.
- Der Reflexionsfaktor ist für $f \leq 1,4$ GHz und $f \geq 16$ GHz grösser als 0,2.

Die nachfolgenden Ergebnisse wurden am kompletten Filter gemäss Abschnitt 6 gemessen, d. h. mit Richtkoppler usw.:

Sperrdämpfung: $A_{so} \geq 35$ dB
 $A_{su} \geq 20$ dB

Als Beispiel ist die Sperrdämpfung von Filter 4 (Bandbreite 3,3...5,4 GHz) im Frequenzbereich 0,01...20 GHz dargestellt (Fig. 17).

Durchlassdämpfung

0,98...20 GHz: 4,5...9 dB (siehe auch Fig. 14)

Im Filter erzeugte Oberwellen: $P_o/P_{Gen} \leq -70$ dB bei 32 mW

Reflexionsfaktor: $r \leq 0,25$ 1,4...16 GHz
 $r \leq 0,31$ 0,98...18 GHz

8 Anwendungsbeispiele

Die nützliche Wirkung des schaltbaren Bandpassfilters lässt sich am besten an folgenden zwei Beispielen zeigen.

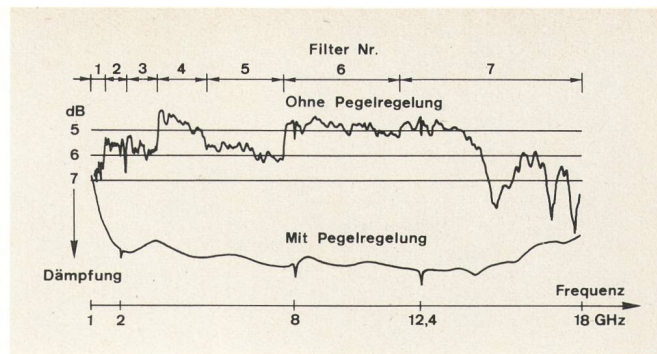


Fig. 16
Ausgangsleistung nach dem Filter vor und nach Pegelregelung

81 Messung eines Hochpassfilters mit $f_{pu} = 6$ GHz

Ohne Bandpassfilter kann die Messdynamik des Breitbandmessplatzes gemäss Figur 1 nicht ausgenutzt werden. Sämtliche Harmonischenanteile der Generatormentanfrequenz, die ins Durchlassband des Hochpassfilters fallen, werden angezeigt. Der Harmonischenabstand des Generators kann direkt aus der Messkurve herausgelesen werden (z. B. bei 2 GHz: 23 dB). Selbst die Filterflanke wird durch unerwünschte Frequenzanteile verfälscht (Fig. 18). Mit dem schaltbaren Bandpassfilter wird der Sperrbereich des Hochpassfilters sauber abgebildet. Deutlich ist die um die Einfügungsdämpfung des mitlaufenden Filters reduzierte Messdynamik zu sehen.

82 Breitbandige Dämpfungsmessungen

Der Prüfling, ein koaxialer Präzisionsabschwächer von 20 dB, besitzt über den gesamten Frequenzbereich

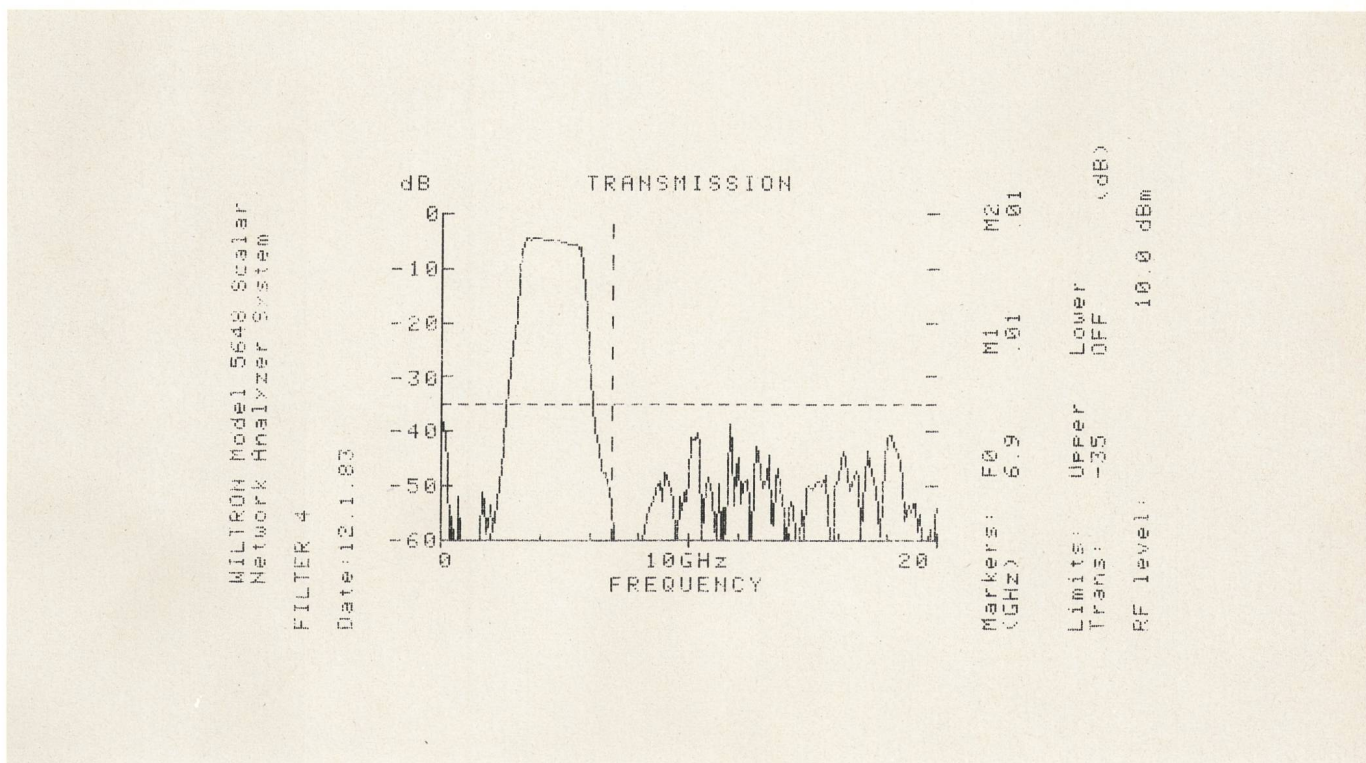


Fig. 17
Durchlass- und Sperrdämpfung eines Einzelbandpassfilters

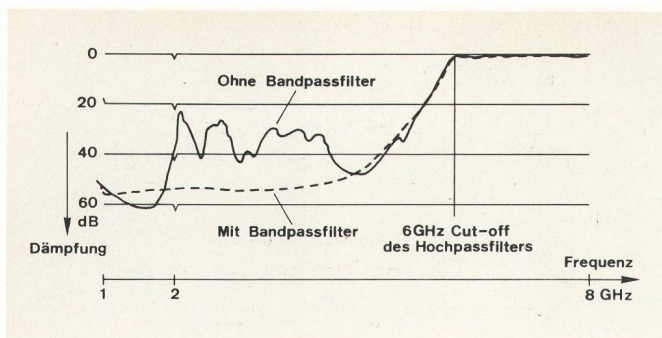


Fig. 18
Einfügungsdämpfung eines Hochpassfilters

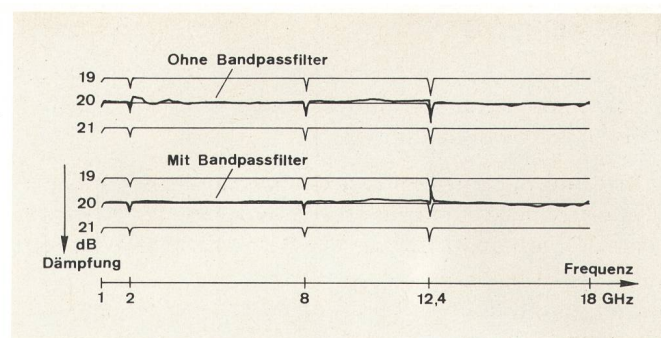


Fig. 19
Einfügungsdämpfung eines Breitbandabschwächers

0...18 GHz einen flachen Dämpfungsverlauf. Trotzdem werden bei bestimmten Frequenzen Abweichungen vom kontinuierlichen Dämpfungsverlauf festgestellt (Fig. 19).

Mit dem schaltbaren Bandpassfilter erscheint der Amplitudenfrequenzgang des Breitbandabschwächers korrekt.

9 Schlussfolgerungen

Der Prototyp des schaltbaren Bandpassfilters wurde im Frühjahr 1980 den PTT abgeliefert. Er hat sich seither im praktischen Betrieb bewährt und erfüllt mit den unter Abschnitt 7 erwähnten Ausnahmen die gestellten Forderungen.

Eine Verringerung der Durchgangsdämpfung wäre allenfalls durch eine andere geometrische Anordnung der Filter sowie durch Zusammenfassen der beiden Schalter S 1 und S 2 in einen Einzelschalter mit fünf Ausgängen möglich (Fig. 12).

Die Wichtigkeit zusätzlicher Filterung der Ausgangssignale von Breitbandwobblern zeigt sich an den Spezifikationen der neuesten auf dem Markt erschienenen Geräte. Diese Generatoren sind folgerichtig mit Tief-

passfiltern und speziellen Oszillatoren ausgerüstet. Weiter ist neu ein Zusatzgerät mit magnetisch abgestimmtem (YIG) mitlaufendem Bandpassfilter für den Bereich 2...18 GHz erhältlich. Das hier vorgestellte schaltbare Bandpassfilter weist jedoch gegenüber den handelsüblichen Geräten nach wie vor bessere Eigenschaften bezüglich Frequenzbereich, verarbeitbarer Leistung, Reflexionsfaktor und Sperrdämpfung bis zu höchsten Frequenzen auf. Allgemein besitzt ein geschaltetes Filter gegenüber einem YIG-Filter eine wesentlich grössere Momentanbandbreite (mehrere 100 MHz gegenüber etwa 20 MHz) und eine deutlich bessere Schaltgeschwindigkeit (etwa 1...2 μ s gegenüber ungefähr 1 ms).

Bibliographie

- [1] Matthaei G. L., Young L., Jones E. Microwave Filters, Impedance Matching Networks and Coupling Structures. McGraw-Hill, New York, 1964.
- [2] Howe H. Stripline Circuit Design. Artech House Inc., Dedham, Massachusetts (1975), S. 181.
- [3] Benedickter H. Schaltbares Bandpassfilter 1...18 GHz. Mikrowellenlabor ETHZ, Bericht Nr. 80-07.