

Der neue Modulation Analyzer FAM ist ein vielseitiges Gerät, das die Meßeigenschaften von fünf Geräten: Nutz- und Störmodulationsmesser, Frequenzzähler, Klirrfaktormesser und Psophometer in sich vereinigt und damit – sowie durch mikroprozessorgesteuerte Geräteeinstellung – die Messung modulierter HF-Signale aller Art (auch Stereo) äußerst einfach und übersichtlich macht. Selbstverständlich kann der FAM auch wie alle modernen Rohde & Schwarz-Meßgeräte über IEC-Bus in automatische Meßanlagen integriert werden.

Modulation Analyzer FAM für 55 kHz bis 1,36 GHz

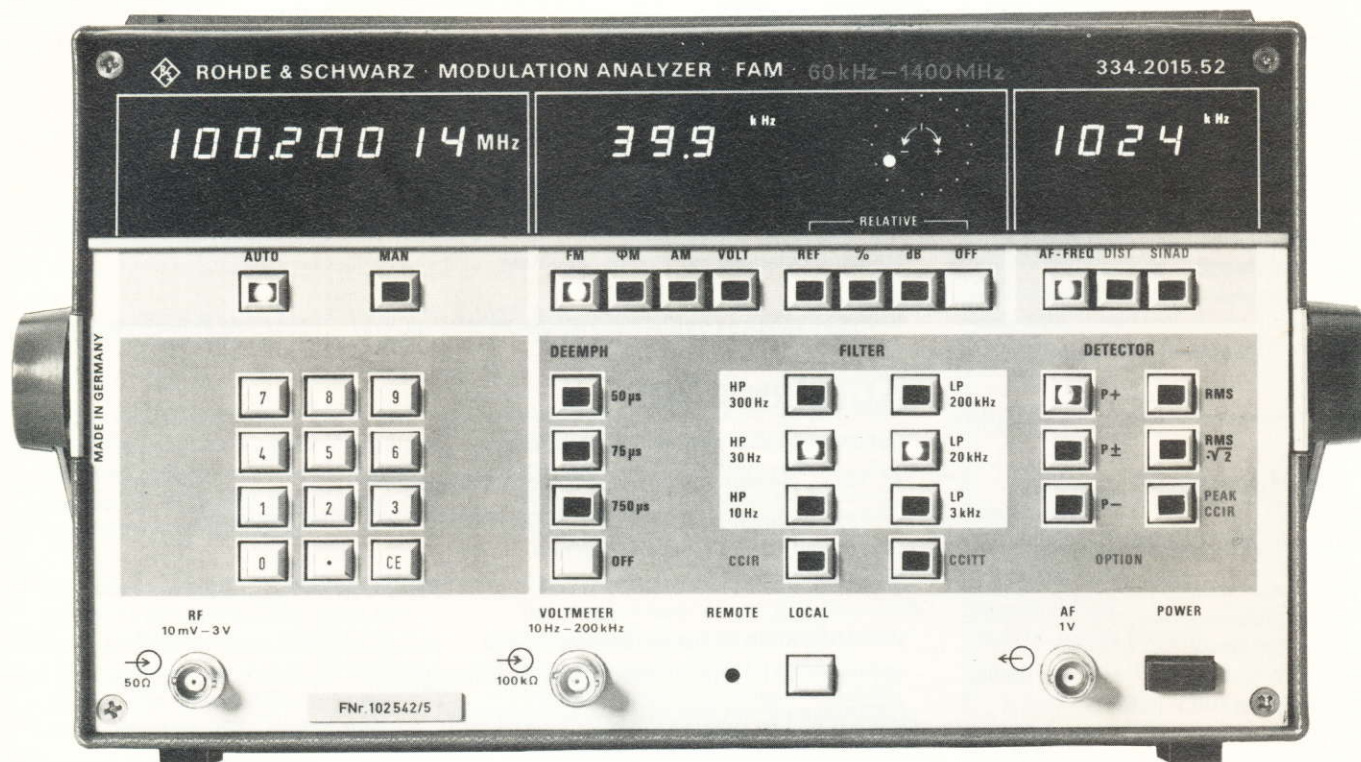


BILD 1 Modulation Analyzer FAM von Rohde & Schwarz. Das mikroprozessorgesteuerte und durch IEC-Bus systemfähige Gerät vereinfacht die Messung modulierter HF-Signale und macht sie genauer. Foto 28407/2

Eigenschaften und Anwendung

Die Messung von Frequenz-, Amplituden- und auch Phasenmodulation im Trägerfrequenzbereich 55 kHz bis 1360 MHz wird jetzt präziser und trotzdem unkomplizierter als bisher durch den Modulation Analyzer FAM (BILD 1 und 2). Doch neben seiner **Hauptaufgabe**, der **Modulationsgrad- und Frequenzhubmessung** leistet das Gerät noch weit mehr:

- Ermittlung der Trägerfrequenz mit 10 Hz Auflösung,
- Messung der Modulationsfrequenz,
- Messung des Modulationsklirrfaktors,
- Bewertung von Störmodulation durch umschaltbare Bandbreiten und normgerechte Bewertungsfilter,
- Auswertung externer NF-Signale.

Das alles sind Aufgaben, die bislang eine Anordnung vieler Einzelgeräte erforderten. Der FAM bietet alle Meßmöglichkeiten in einem kompakten und leicht tragbaren Gerät. Verschie-

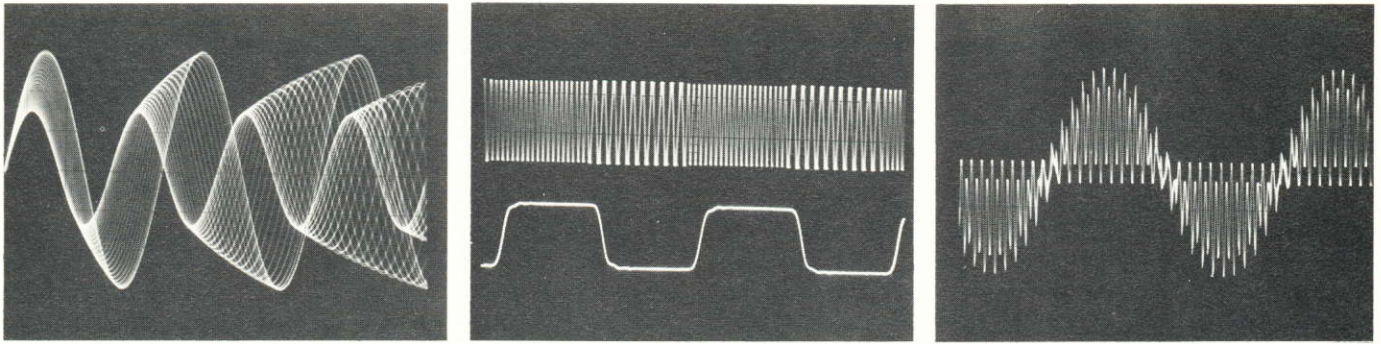


BILD 2 Der FAM analysiert beliebig modulierte Signale im Trägerfrequenzbereich 55 kHz bis 1,36 GHz — auch gleichzeitig frequenz- und amplitudenmodulierte HF (linkes Oszillogramm). Das Beispiel in der Mitte zeigt oben FSK-Modulation (frequency-shift-keying = Frequenzumtastung), darunter das vom FAM demodulierte Signal. Im rechten Bild ein demoduliertes Stereosignal, entnommen am FM-Ausgang des FAM.

dene Optionen erlauben es, das Gerät je nach Meßanforderung auszustatten oder aber Kosten für nicht benötigte Eigenschaften zu sparen.

Das **Grundmodell** überstreicht den **Trägerfrequenzbereich 55 kHz bis 120 MHz** und ist eine hochwertige und doch äußerst kostengünstige Lösung für Meßaufgaben in den Rundfunk-FM- und -AM-Bereichen sowie für einen Teil der Sprechfunkdienste und anderer Funkdienste. Mit der Option **Frequenzbereichserweiterung**, die sich auch später leicht ergänzen läßt, wird der Frequenzumfang **bis 1,36 GHz** ausgedehnt, so daß praktisch alle Funkdienste erfaßt werden.

Damit nicht nur Nutzmodulation mit hoher Genauigkeit gemessen werden kann, sondern auch Störmodulation und Störabstände analysiert werden können, gehören geringstmögliche Eigenstörmodulation und niedrigstes Rauschen zu den wichtigsten Eigenschaften eines Modulationsmessers. Mit einem **Eigenstörhub** von **unter 1 Hz** CCITT-bewertet (im Grundfrequenzbereich, darüber proportional ansteigend) und 5 Hz bei 20 kHz Bewertungsbandsbreite sowie einem **AM-Störmodulationsgrad** von **nur 0,01 %** sichert der FAM problemlose Störmodulationsmessungen.

Modulationsverfahren mit relativ großer Bandbreite, wie beim FM-Rundfunk, stellen hohe Anforderungen an die Übertragungslinearität des Meßgerätes und verlangen gute Amplituden- und Phasenlinearität, damit auch Multiplexsignale ohne Verzerrungen demoduliert werden können. Bei der Entwicklung des FAM wurde darauf besondere Sorgfalt verwendet, und die erreichten Eigenschaften — **Klirrfaktor unter 0,1 %** und **Stereo-Übersprechdämpfung von 50 dB** — garantieren präzise Meßergebnisse.

Für bequeme Bedienung und einfaches Ablesen hat der FAM drei Anzeigefelder, so daß gleichzeitig mehrere Parameter ohne Umschalten angezeigt werden können. Die **Einstellung des Gerätes** geschieht, von einem Mikroprozessor gesteuert, **vollautomatisch**. Bei Anlegen eines Eingangssignals stimmt der Modulation Analyzer sich selbst auf die Eingangsfrequenz ab, und ein eingebauter Zähler zeigt die **Trägerfrequenz** im linken Anzeigefeld mit **10 Hz Auflösung** sofort an. Ist in besonderen Fällen die automatische Abstimmung unerwünscht, so kann die Abstimmfrequenz auch durch Eingabe am Tastenfeld eingestellt werden. Das ist wichtig bei Messungen an Funkgeräten mit Selektivruf, beim Datenfunk und anderen Verfahren, bei denen ebenfalls kein kontinuierliches Signal vorhanden ist. Für solche Messungen lassen sich auch die übrigen Automaten des Gerätes auf einer einmal gefundenen Einstellung festhalten, wodurch der Suchlauf verhindert und die Einschwingzeit wesentlich verkürzt wird.

Das mittlere Anzeigefeld dient der **digitalen Anzeige der Modulationsmeßergebnisse** und enthält **zusätzlich eine analoge Anzeige** in Form eines rotierenden Leuchtpunktes, mit dessen Hilfe Abgleichvorgänge auf Maximum oder Minimum bequem beobachtet werden können. Lediglich die zu messenden Modulationsarten FM, AM oder ϕ M sind vorzuzählen, die erforderlichen Pegelumschaltungen erfolgen automatisch.

Für **Frequenzmodulation** sind drei verschiedene Deemphasis-Zeitkonstanten wählbar. Durch je drei Hoch- und Tiefpässe lassen sich die **Bewertungsbreiten** vielseitig verändern oder unerwünschte Störsignale ausblenden. Als Besonderheit können nach CCITT und CCIR genormte **Bewertungsfiler** (Ohrkurvenfilter) eingeschaltet und damit normgerechte Geräuschabstandsmessungen mit dem FAM durchgeführt werden. Diese Filter sind Options-Baugruppen, die sich auch später einfach nachrüsten lassen. Die Meßwerte der Modulation werden nicht nur als Absolutwert angezeigt, sondern es läßt sich auch der Relativwert ablesen, bezogen auf einen gemessenen oder einen am Tastenfeld eingegebenen Referenzwert. Das ist vorteilhaft, wenn Modulationsfrequenzgänge über der Modulationsfrequenz oder der Trägerfrequenz ermittelt werden sollen.

Der geringe Fehler der Modulationsanzeige von 1,5 % ermöglicht präzise Messungen auch ohne spezielle Kalibrierung.

Zur Bestimmung der **Amplitude des NF-Modulationssignals** können zwei verschiedene Detektoren gewählt werden: ein **Spitzenwertgleichrichter**, vorwiegend zur Messung von Nutzmodulationssignalen, der den positiven oder negativen Spitzenwert oder den Mittelwert aus beiden mißt, und ein **echter Effektivwertgleichrichter**, der hauptsächlich für Störmodulationsmessungen benötigt wird. Darüber hinaus ist in der Option CCIR-Bewertungsfiler der dazu vorgeschriebene Quasi-Spitzenwertgleichrichter vorhanden.

Im rechten Anzeigefeld wird die **Frequenz des Modulationssignals** angezeigt. Die **Auflösung von 0,1 Hz** ist erforderlich zur Messung von Rufsignalfrequenzen oder Codesignalen für die Squelchumschaltung.

Zur **Klirrfaktormessung des Modulationssignals** ist eine Option lieferbar, die es erlaubt, bei drei Festfrequenzen (400 Hz, 1 kHz, 3 kHz) Verzerrungsmessungen durchzuführen. Der Meßvorgang wird vom Mikroprozessor automatisch eingeschaltet, wenn die Frequenz des Modulationssignals im meßbaren Bereich liegt. Die Anzeige erfolgt entweder als Klirrfaktor in % oder als SINAD (Signal/Rauschen + Klirrfaktor) in dB.

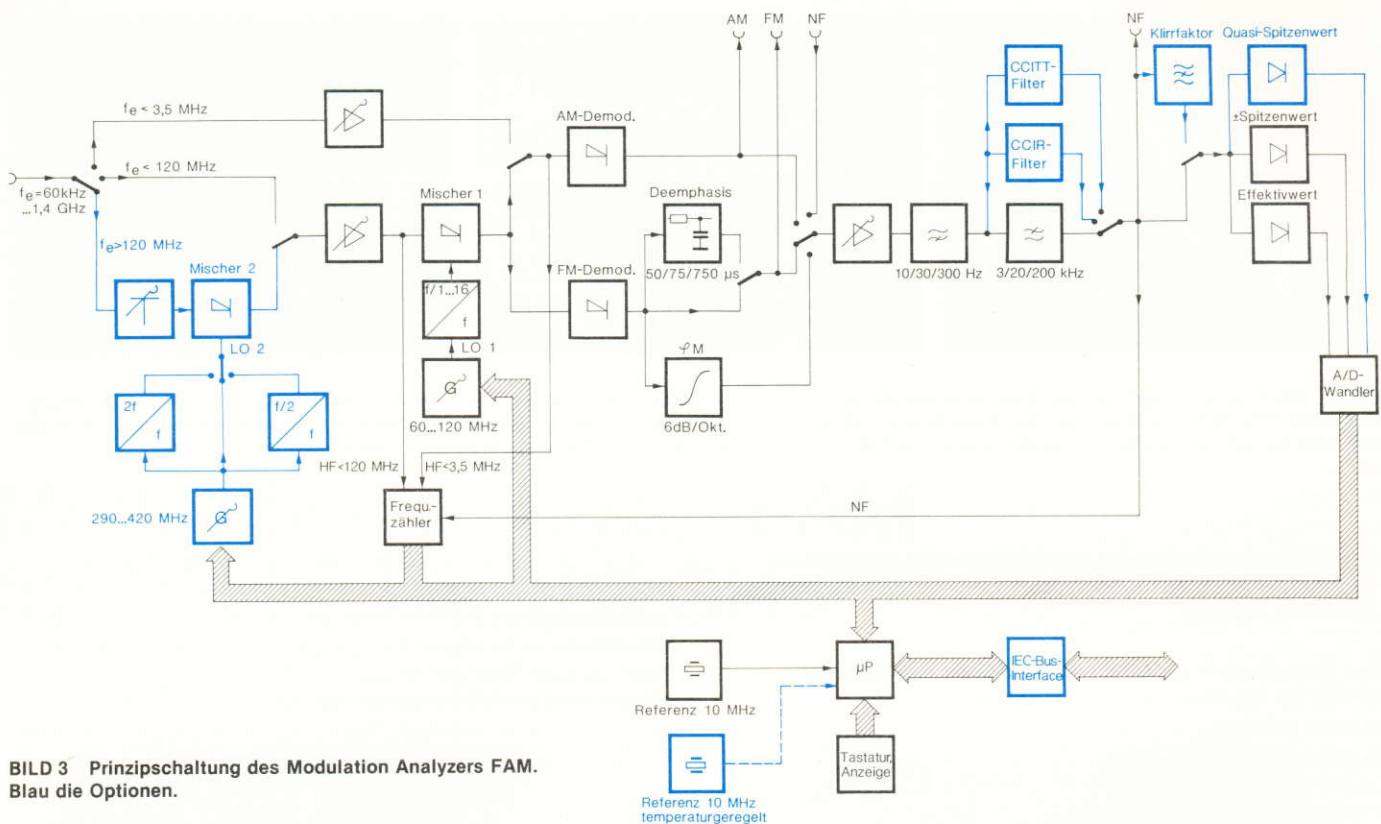


BILD 3 Prinzipschaltung des Modulation Analyzers FAM. Blau die Optionen.

Der gesamte NF-Teil des Gerätes — Bewertungsfilter, Frequenzzähler, Gleichrichter, Klirrfaktormesser — kann unter Umgehung der HF-Eingangsmischung über eine eigene Eingangsbuchse zur Auswertung eines externen NF-Signals benutzt werden. Der FAM erfüllt damit die Funktionen eines **automatischen NF-Voltmeters** und eines **Psophometers**.

Selbstverständlich kann der Modulation Analyzer mit IEC-Bus-Interface ausgerüstet werden (Option) und so von einem Steuergerät, beispielweise dem Process Controller PPC, Einstellbefehle und Triggerkommandos empfangen oder an den Rechner Meßwerte ausgeben, also als Listener oder als Talker arbeiten. Diese Eigenschaft ermöglicht den Einsatz des FAM in automatischen Meßanordnungen zur Untersuchung und Prüfung von Sendern und Transceivern in Entwicklung, Fertigung und Qualitätskontrolle.

Aufbau und Wirkungsweise

Der Modulation Analyzer FAM ist gegliedert in HF-, ZF-, NF-Teil und Rechnersteuerung (BILD 3). Im HF-Teil mißt ein Zähler die Frequenz des Eingangssignals, wird die Amplitude geregelt und das Signal in die ZF-Lage umgesetzt. Der ZF-Teil enthält FM- und AM-Demodulator, während der NF-Teil die Auswertung des demodulierten Signals übernimmt. Die Rechnersteuerung veranlaßt sämtliche Einstellungen, Meßwert- erfassungen, Ein- und Ausgaben der Tastatur- beziehungsweise Anzeigeeinheit.

HF-Teil

Der Eingangsfrequenzbereich des FAM ist im 120-MHz-Grundgerät in zwei Bereiche aufgeteilt: Eingangsfrequenzen zwischen 55 kHz und 4 MHz werden direkt im ZF-Teil verarbeitet, im Bereich 4 bis 120 MHz erfolgt einfache Frequenzumsetzung. Mit Option 1,36-GHz-Frequenzerweiterung kommt

als dritter Bereich 120 bis 1360 MHz mit zweifacher Frequenzumsetzung hinzu.

Der Mikroprozessor erkennt in einem Frequenzsuchlauf (BILD 4) mit Pegelindikatoren im HF- und ZF-Teil und mit Hilfe des Frequenzzählers ein anliegendes Eingangssignal, leitet daraus die richtige Einstellung des ersten Mischoszillators ab und bewirkt den HF-Pegelabgleich. Der zulässige Eingangsspannungsbereich liegt dabei zwischen 10 mV und 3 V. Eingangssignale über 120 MHz setzt der zweite Mischoszillator in der Option 1,36 GHz in den Bereich unter 120 MHz um. Dabei

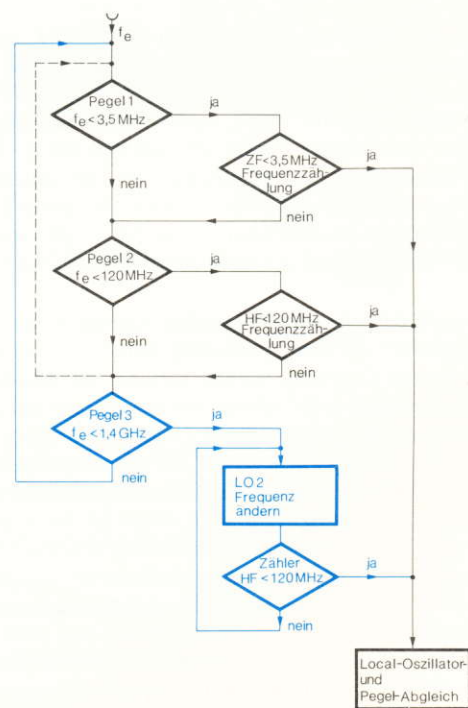


BILD 4 Vereinfachtes Flußdiagramm des Frequenzsuchlaufs im Modulation Analyzer FAM (blau mit Option 1,36-GHz-Frequenzerweiterung).

verändert der Rechner die Frequenz des Mischoszillators LO 2 in groben Stufen so lange, bis eine Mischfrequenz unter 120 MHz entsteht, die im Meßbereich des Frequenzzählers liegt. Die weitere Signalverarbeitung erfolgt dann wie im Bereich bis 120 MHz. Die Eingangsfrequenz kann der Mikroprozessor mit Kenntnis der Frequenz des Mischoszillators LO 2 errechnen und zur Anzeige bringen.

Im Hinblick auf einen vernachlässigbaren Eigenstörhub des FAM wurde besondere Sorgfalt auf die Konzipierung der Mischoszillatoren LO 1 und LO 2 verwendet. LO 1, ein Oktavbandoszillator von 60 bis 120 MHz, ist in einer PLL-Schaltung im 50-kHz-Raster in vier Teilbereichen durchstimmbar. Die Einflüsse der nichtlinearen Abstimmkennlinie des Oszillators und die Variation des Teilungsfaktors werden durch Verstärkungsumschaltung in der PLL-Schleife eliminiert. Nach unten erweitert ein Frequenzteiler den Abstimmbereich des Oszillators und erlaubt damit die Verarbeitung der Eingangsfrequenz bis herab zu 4 MHz.

Zur Erhöhung des Frequenzbereichs auf 1,36 GHz hat der Oszillator LO 2 beim Frequenzsuchlauf des FAM viele Frequenzeinstellungen nacheinander auszuführen. Um die Einstellzeit klein zu halten, arbeitet er deshalb in einer breitbandigen Regelschleife. Die hohe spektrale Reinheit der 10-MHz-Quarzreferenz in Verbindung mit dem niedrigen Teilungsfaktor in der PLL-Schleife bestimmt den großen Seitenbandrauschabstand dieses Oszillators und damit auch dessen geringen Eigenstörhub. Nach unten wird der Frequenzbereich durch Teilung, nach oben durch zweimalige Verdoppelung erweitert.

ZF-Teil

Für Eingangsfrequenzen unter 4 MHz ist ein breitbandig arbeitender Mittelwertgleichrichter als AM-Demodulator in Betrieb. Er garantiert auch noch bei der tiefsten Trägerfrequenz von 55 kHz und für hohe Modulationsfrequenzen einen sehr niedrigen NF-Klirrfaktor ($\leq 0,2\%$ bis 20 kHz NF). Für Eingangsfrequenzen über 4 MHz wird parallel zum AM-Demodulator der FM-Demodulator betrieben. Je nach Hub (bei FM) beziehungsweise Modulationsfrequenz (gewählter NF-Filterbandbreite) stellt der Rechner die optimale ZF (250 kHz, 500 kHz oder 1 MHz) für die Demodulatoren ein. In Hinblick auf geringen FM-Klirrfaktor wurde als FM-Demodulator ein Pulse-Count-Demodulator eingesetzt. Durch Parallelbetrieb zweier Demodulatoren wird ein sehr geringer Eigenstörhub von etwa $1 \text{ Hz RMS/B}_{\text{NF}} = 30 \text{ Hz bis } 20 \text{ kHz}$ erreicht. Die demodulierten AM- und FM-Signale können gleichzeitig über Buchsen an der Rückseite des FAM entnommen werden. Der FM-Ausgang ist für den Anschluß eines Stereodecoders (z. B. MSDC 2) vorgesehen, die Übersprechdämpfung des FAM beträgt typisch 50 dB bis 15 kHz NF. Die in den FM-Zweig einschaltbaren Deemphasen entsprechen mit ihren drei wählbaren Zeitkonstanten von 50, 75 und 750 μs den verschiedenen Rundfunknormen.

NF-Teil

Amplituden-, Frequenz- und Phasenmodulationssignale, wie auch externe NF-Signale, werden im NF-Teil mit universell kombinierbaren Filtern und verschiedenen Gleichrichtern bewertet, die NF wird dem Zähler zugeführt, gemessen und angezeigt. Als Bewertungsfilter sind im Grundgerät neben

Hochpässen mit 10, 30 und 300 Hz Grenzfrequenz Tiefpässe mit einer oberen Frequenzgrenze von 3, 20 oder 200 kHz vorhanden.

Als Option sind zusätzlich ein Fernsprechfilter nach CCITT-Norm sowie ein CCIR-Filter mit zugehörigem Quasi-Spitzenwertgleichrichter nach DIN 45 405 erhältlich. Dieser Gleichrichter läßt sich auch mit sämtlichen anderen Filtern kombinieren. Das Grundgerät enthält einen Spitzenwertgleichrichter (\pm Spitze) sowie einen echten Effektivwertgleichrichter. Die verschiedenen Gleichrichtermeßwerte werden je nach gewählter Taste einem A/D-Wandler zugeführt und dessen Ausgang vom Rechner zyklisch abgefragt. Der Meßwert des Spitzenwertgleichrichters dient außerdem zur Pegelregelung im NF-Zweig.

Die Option NF-Klirrfaktormesser enthält selbstabgleichende Notch-Filter hoher Güte für die Frequenzen 400 Hz, 1 kHz und 3 kHz. Sie erlauben Klirrfaktormessungen bis unter 0,1%. Modulationsklirrfaktoren können damit bei Drücken entsprechender Tasten direkt gemessen werden.

Rechnersteuerung

Die gesamte Steuerung des FAM, die Meßwerterfassung, Berechnung und Ausgabe auf die Anzeigeeinheit sowie die Tastaturabfrage übernimmt ein Ein-Chip-Mikroprozessor mit externer ROM-Speicherplatzerweiterung. Das Mikroprozessorprogramm enthält auch eine Routine zur Fehlerdiagnose.

Dieter Burkhart; Roland Minihold

KURZDATEN MODULATION ANALYZER FAM

Trägerfrequenzbereich	55 kHz...120 MHz (Option 1,36 GHz)
Auflösung	10 Hz
FM	
Frequenzbereich	10 Hz...200 kHz
Hub	$\leq 500 \text{ kHz}$
AM	
Frequenzbereich	10 Hz...200 kHz
Modulationsgrad	$\leq 99\%$
φM	
Frequenzbereich	300 Hz...20 kHz
Hub	$\leq 500 \text{ rad}$
Auflösung NF	0,1 Hz
NF-Filter	
Hochpässe	10/30/300 Hz
Tiefpässe	3/20/200 kHz
Bewertungsfilter (Option)	CCIR, CCITT
NF-Gleichrichter	\pm Spitzenwert, Effektivwert
Weitere Optionen	Klirrfaktormesser, geregelter Quarzoszillator, IEC-Bus-Interface
Bestellnummer	334.2015.52

NÄHERES LESERDIENST KENNZIFFER 89/1