

Zur Gerätefamilie ESM 500, einer neuen Typenreihe universell einsetzbarer Empfänger für den VHF-UHF-Bereich, gehören breitbandige Tischempfänger mit hohem Bedienkomfort und – für den Einsatz in rechnergesteuerten Funkerfassungssystemen – preisgünstige Absetzempfänger mit speziell auf bestimmte Funkdienste zugeschnittenen Frequenzbereichen. Gemeinsame Merkmale aller Empfänger: hohe Treffsicherheit der Frequenz durch Synthesizer, kurze Einstellzeit, Mikroprozessorsteuerung, großer Dynmikbereich, netzausfallsicherer Speicher für alle Einstellungen, mitabgestimmte Vorselektion, Selbsttest-Einrichtung und servicefreundliche Modulbauweise.

VHF-UHF-Empfängerfamilie ESM 500 für 20 bis 1000 MHz

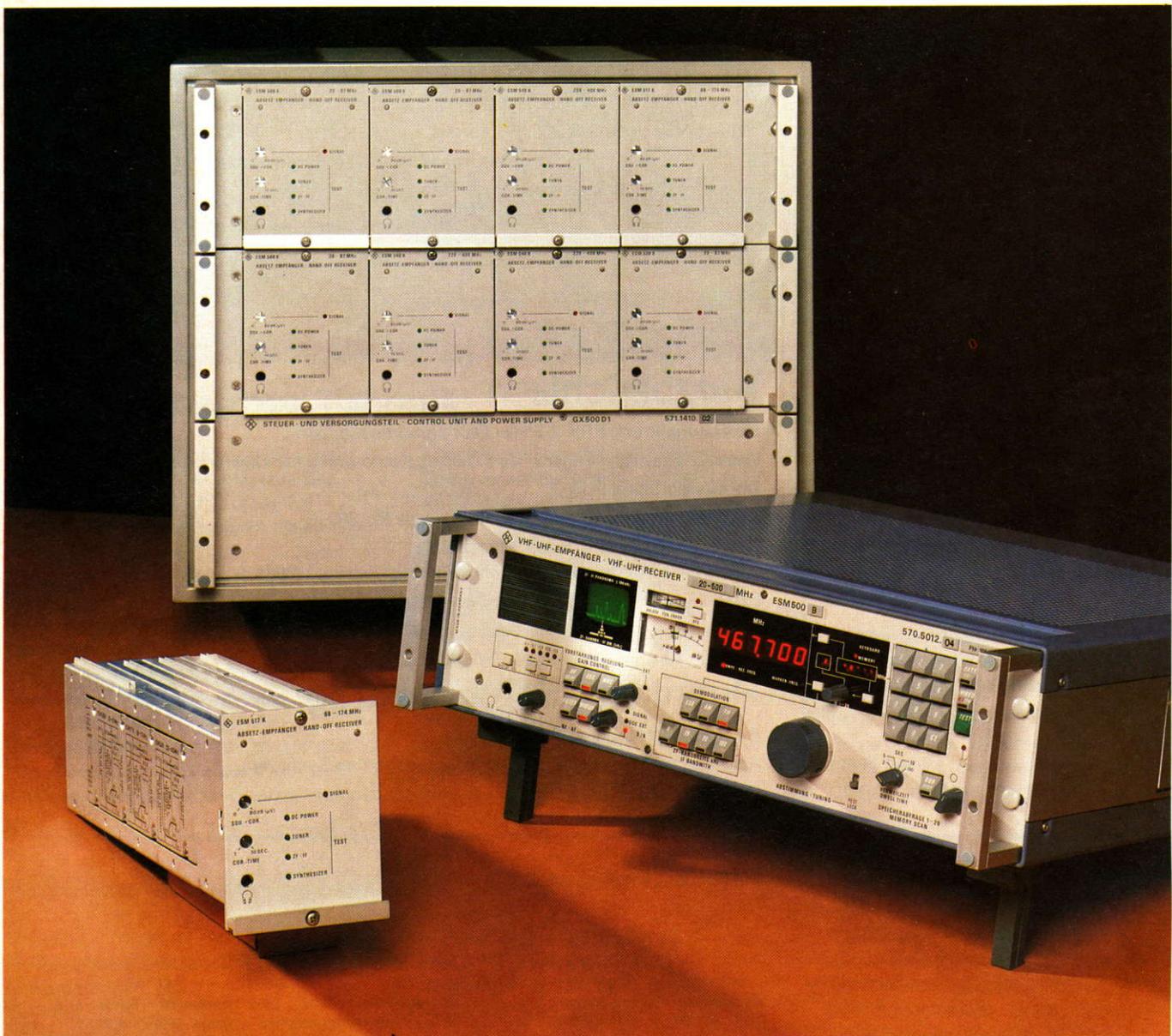


BILD 1 VHF-UHF-Empfängerfamilie ESM 500. Vorn das 19-Zoll-Tischgerät ESM 500 (20 bis 1000 MHz) und dahinter ein Achterblock Absetzempfänger ESM 5..K mit gemeinsamem Versorgungsteil. Die Absetzempfänger sind als Einschübe (Breite 1/4 von 19") ausgeführt. Foto 29 327

Mit den Empfängern der Typenreihe ESM 500 hat Rohde & Schwarz eine Gerätefamilie für die Funkerfassung im weitesten Sinn entwickelt (BILD 1). Der **Tischempfänger** ESM 500 für 20 bis 500 MHz (Option bis 1000 MHz) hat seinen Einsatzschwerpunkt in der individuellen Funkerfassung und Funkbeobachtung in mobilen Stationen, als manuell oder fernbedienbarer Beobachtungsplatz in teilautomatischen Systemen oder als rein fernbedienbare Ausführung in automatisch oder zentral gesteuerten Anlagen und Peilern.

Die **Absetzempfänger** ESM 508 K (20 bis 87 MHz), ESM 517 K (68 bis 174 MHz) und ESM 540 K (220 bis 450 MHz) dienen zur gleichzeitigen Überwachung vieler Frequenzen in den Funkerfassungsbereichen. Durch Einschränkung des Frequenzbereichs sowie durch zentrale Steuerung und Versorgung von bis zu acht Empfängern aus einem gemeinsamen Versorgungsteil konnten Volumen und Kosten je Empfänger ohne Abstriche an den wesentlichen Empfangseigenschaften erheblich reduziert werden. Hierdurch wird der Aufbau ausgedehnter Vielkanal-Überwachungsanlagen wirtschaftlich realisierbar.

werden. Wegen der damit verbundenen Störstrahlung ist dieser Punkt auch bei Einzelanlagen von Bedeutung. Alle Geräte der Familie ESM 500 weisen eine **Oszillatorstörspannung von weniger als 1 μ V (-107 dBm)** auf.

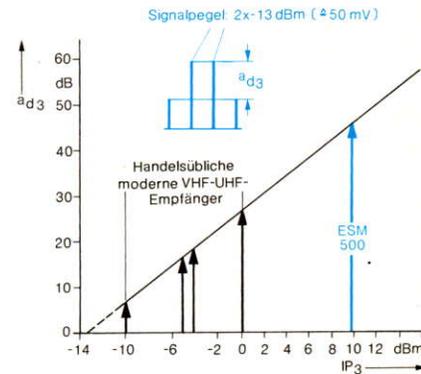


BILD 2 Abstand Signal-Störprodukt a_{d3} bei einem Eingangspegel von zweimal 50 mV in Abhängigkeit vom Eingangs-Intercept-Punkt IP_3 .

Gemeinsame Eigenschaften

Bei der Planung und Entwicklung der Empfänger, die mit umfangreichem Rechnereinsatz durchgeführt wurden, stand die Optimierung qualitätsentscheidender Eigenschaften im Vordergrund, dies vor allem im Hinblick auf die wachsende Frequenzbelegungsichte und die zunehmende Präsenz von Großsignalen. So konnten ein **großer nebenempfangsfreier Dynamikbereich**, ausdrückbar durch hoch liegende Intercept-Punkte für Störprodukte 2. und 3. Ordnung (BILD 2), sowie **geringes Phasenrauschen der Umsetzoszillatoren** erreicht werden. Die Oszillator-Rauschseitenbänder werden bekanntlich auf die Signale übertragen (reziprokes Mischen). Die hierdurch in der frequenzmäßigen Umgebung starker Signale auftretenden Rauschseitenbänder überdecken schwache Signale (BILD 3). Das Phasenrauschen bestimmt also die tatsächlich wirksame dynamische Nachbarkanalselektion, die sich erheblich von der statischen – allein durch die Filterdurchlaßkurve gegeben – unterscheiden kann. Das den umgesetzten Signalen aufmodulierte Oszillatorrauschen schränkt außerdem bei FM-Signalen den erreichbaren NF-Rauschabstand ein, der im günstigsten Fall das Verhältnis Signalfrequenzhub zu Störhub der Umsetzoszillatoren erreichen kann. In all diesen Punkten konnten hier bei den Empfängern ESM 500 neue Maßstäbe gesetzt werden, was auch bei vergleichenden Messungen neutraler Stellen im In- und Ausland bestätigt wurde.

Die **mitabgestimmte Vorselektion** vermindert die Eingangsbandbreite der Empfänger und reduziert dabei die für die Entstehung von Störprodukten maßgebliche Summen-Signalleistung. Außerdem wird erreicht, daß Störungen durch sehr starke Einzelsignale nicht im ganzen Empfangsbereich wirksam werden. Diese Empfängereigenschaften sind so wichtig, daß trotz aufwendiger Technik, besonders im durchgehenden Frequenzbereich 20 bis 500 MHz, konsequent alle ESM 500-Typen mit einer mitabgestimmten Vorselektion ausgestattet wurden.

In modernen Funkerfassungsanlagen werden meist viele Empfänger an einer gemeinsamen Antennenanlage betrieben. Bei verlustarmer Verteilung ist im VHF-UHF-Bereich kaum mit einer Entkopplung über 20 dB zwischen den Empfängereingängen zu rechnen, deshalb muß der Oszillatorstörspannung, die der Empfänger abgibt, besondere Beachtung geschenkt

Besonders bei Anlagen mit einer großen Anzahl von Empfängern spielt die **Zuverlässigkeit**, die durch die Betriebszeit zwischen zwei Ausfällen angegeben wird, eine große Rolle. Fast genauso wichtig ist die Zeit für die Instandsetzung selbst, die bei ungünstigen Servicekonzepten zu sehr langen Ausfallzeiten führen kann. Da alle Empfänger der Familie ESM 500 aus einzelnen Baugruppen mit exakt definierten Schnittstellen aufgebaut sind, die sich ohne Löt- oder Abgleicharbeiten leicht austauschen lassen, ist eine rasche Reparatur gewährleistet (BILD 4). Die in den verschiedenen Empfängertypen verwendeten Baugruppen sind gleich, soweit sie die gleiche Funktion erfüllen, wodurch sich auch für die Logistik Vereinfachungen ergeben. Die Baugruppen selbst sind ebenfalls servicegerecht aufgebaut und rasch instandzusetzen.

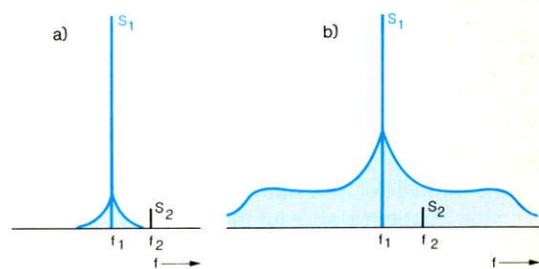
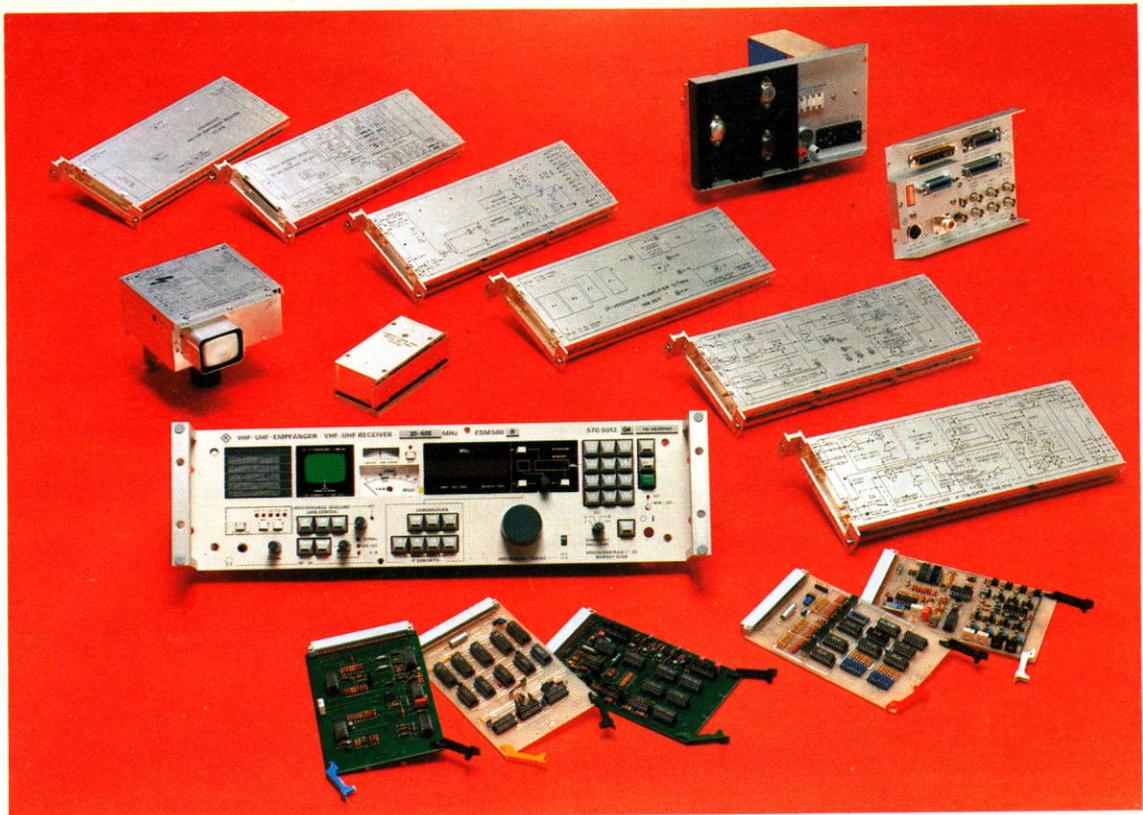


BILD 3 Empfindlichkeitsverlust durch Phasenrauschen der Umsetzoszillatoren in einem Empfänger. Das in a) (entsprechend den Empfängern der Typenreihe ESM 500) noch gut aufzunehmende Signal S_2 wird in b) von den vom Umsetzoszillator stammenden, S_1 aufmodulierten Rauschseitenbändern überdeckt.

Baugruppeninterne Stabilisierungsschaltungen zum Ausgleich von Bauelementalterung und -toleranzen, Auswahl geeigneter Bauelemente und, besonders wichtig, geringe Wärmeentwicklung (ein kompletter Absetzempfänger ESM 500 K nimmt z. B. weniger als 10 W auf) sind weitere Voraussetzungen für die Zuverlässigkeit.

BILD 4
Einzelbaugruppen
eines Tisch-
empfängers
ESM 500.
Foto 29329



Zusätzlich werden wichtige Schaltungen in den einzelnen Baugruppen laufend überwacht und untolerierbare Abweichungen über das **zentrale Überwachungssystem** – mit Angabe der betroffenen Baugruppe – gemeldet (BILD 5). Eine weitere interne Testeinrichtung gestattet die qualitative und quantitative Überprüfung des kompletten Empfängers vom Antenneneingang bis zum Lautsprecher und ermöglicht auch die Erkennung von geringen, den praktischen Betrieb noch nicht störenden Abweichungen wichtiger Eigenschaften.

Tischempfänger

Die **Frequenzabstimmung** beim Tischempfänger ESM 500 geschieht entweder über Drucktasten mit Zwischenspeicher und Kontrollanzeige für die Eingabe oder durch Übernahme aus einem internen Speicher oder quasikontinuierlich über den Drehabstimmknopf mit Magnetrastung und drehgeschwindigkeitsabhängiger Schrittweite. Die jeweils kleinste Schrittweite ist außerdem von der gewählten Betriebsart abhängig und beträgt beispielsweise bei SSB-Betrieb 10 Hz. Ein Speicher, der den gesamten Abstimmstatus für maximal 99 Signale aufnehmen kann, ermöglicht die rasche Reproduzierbarkeit häufig benötigter Einstellungen. Eine wählbare Anzahl der gespeicherten Frequenzen kann auch automatisch abgefragt werden, wobei die Anhaltezeit bei Auffinden eines Signals zwischen 2 s und ∞ vorwählbar ist. Die Einstell- und Prüfzeit pro Frequenz beträgt insgesamt 50 ms, so daß zum Beispiel 20 Frequenzen, die beliebig im Empfangsbereich verteilt sein können, in 1 s überprüft werden. Die Frequenzabstimmung und das Einschreiben in die Speicher kann auch extern über IEC-Bus- oder RS 232 C-Schnittstelle erfolgen.

Alle für die **Signalaufbereitung** benötigten Frequenzen werden über besonders rausch- und nebenwellenfreie Synthese-Oszillatoren erzeugt, die wiederum von einem sehr rauscharmen Frequenznormal gesteuert werden (BILD 6). In der voll bestückten Ausführung arbeitet der Empfänger mit **drei Demodulatoren**, einem für AM und FM mit vier schaltbaren ZF-Band-

breiten, dazu parallel und unabhängig einem Breitbanddemodulator für AM, FM und Puls mit vier schaltbaren Bandbreiten und einem dritten Demodulator für A0, A1, LSB, USB, ISB mit einer Bandbreite. Für die **Geräuschsperre** (Squelch) kann wahlweise der Signalpegel oder der Signal/Rausch-Abstand als Ansprechkriterium gewählt werden. Letzteres ist besonders dann vorteilhaft, wenn bereits ein großer, meist stark schwankender Grundrauschpegel über die Antenne angeboten wird. Die einstellbare Ansprechschwelle für den Pegel-Squelch kann am Pegel-Anzeigeelement unmittelbar in $\text{dB}\mu\text{V}$ abgelesen werden.

Für die **Anzeige von Pegel und Ablage** werden Zeigerinstrumente verwendet, da die Verfolgung des Abstimmvorgangs über Maximum- oder Mittenfindung an einer Analoganzeige erheblich einfacher ist als an einer Digitalanzeige. Als weitere Abstimmhilfe, die ein Signal bereits außerhalb der Empfangs-

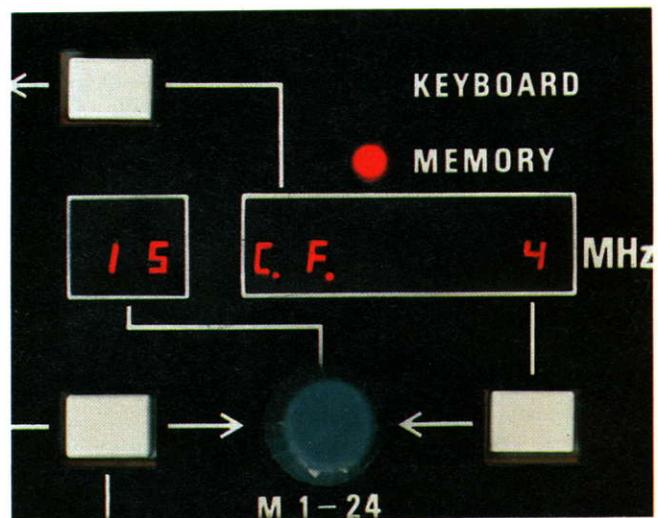


BILD 5 Kontroll-Display am Tischempfänger ESM 500 für die Anzeige der Speicherinhalte und der Keyboard-Eingabe sowie zur Meldung von Bedien- und Baugruppenfehlern.
Foto 29335

ZF-Bandbreite (und damit auch der Ablageanzeige) sichtbar macht und darüber hinaus auch einen Überblick über die Bandbelegung bietet, dient das **ZF-Panorama-Sichtgerät**. Die Auflösung von 4,5 kHz sichert eine gute Kanaltrennung, die Darstellbreite von 200 kHz ermöglicht eine genaue Mittendifindung (als Abstimmhilfe). Die von Darstellbreite und Auflösungsbandbreite (Einschwingzeit) abhängige Mindestzeit für einen Durchlauf von 40 ms ergibt eine flackerfreie Darstellung und gestattet eine gute Verfolgung des Abstimmvorgangs, was ja nur bei einer Echtzeit-Darstellung möglich ist. Da Darstellbreite, Auflösung und Durchlaufgeschwindigkeit für die Darstellung üblicher Funksignale optimiert sind und die Bildmittelfrequenz (Nachregelung durch Quarzvergleich) sowie die wichtigsten Darstellparameter absolut stabil sind, konnte hier erstmals bei einem Panoramagerät auf jegliche Bedienelemente verzichtet werden. Die Panorama-Amplitudendarstellung erfolgt logarithmisch. Der Anzeigebereich beträgt 80 dB und deckt sich mit dem Anzeigebereich des Pegel-Anzeigeelements.

In Verbindung mit dem Panorama-Adapter EZP* ist auch eine **HF-Panoramadarstellung** bis zu einer Darstellbreite von 500 MHz möglich. Die am ESM 500 digital angezeigte Abstimmposition wird dabei als Frequenzmarke in die Darstellung eingeblendet, ebenso kann die Lage der gespeicherten Frequenzen in der Spektraldarstellung angezeigt werden. Der Panorama-Adapter EZP ermöglicht auch ZF-Darstellungen mit unterschiedlichen Darstell- und Auflösungsbandbreiten. Bei zusätzlicher Verwendung des Frequenzbandschreibers ZSG 3 sind auch Langzeitaufzeichnungen der Frequenzbandbelegung über alle mit dem EZP darstellbaren Breiten mit einstellbarer Pegel-Registrierschwelle möglich.

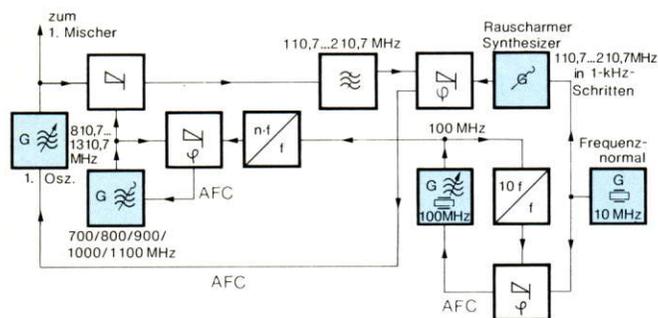


BILD 6 Frequenzaufbereitung des 1. Oszillators in den VHF-UHF-Empfängern ESM 500 (20 bis 1000 MHz). Der Seitenbandrauschabstand liegt in 20 kHz Abstand bei 120 dB (Meßbandbreite 1 Hz).

Alle **Gerätefunktionen** der Empfänger sind **mikroprozessor-gesteuert**. Die Einstelldaten des Gerätes, einschließlich der Frequenzspeicherinformation, bleiben auch bei Netzausfall über lange Zeit (Jahre) gespeichert. Die Steuerung der Geräte kann manuell oder extern oder gemischt manuell/extern mit Vorrang für die externe Steuerung erfolgen. Die Bedienung des ESM 500 ist durch übersichtliche Anordnung und eindeutige Beschriftung der Direktwahltasten für praktisch alle Funktionen gekennzeichnet. Die Geräte lassen sich ohne Umbau an Netz oder Batterie (19 bis 30 V) betreiben. Da die Leistungsaufnahme nur etwa 40 W beträgt, ist kein Lüfter mit all seinen Nachteilen nötig. Die Tischgeräte können – ohne Bedienfrontplatte – auch als Universal-Absetzempfänger eingesetzt werden. Bei der beschriebenen Ausführung des Tischempfängers handelt es sich um das mit allen Optionen bestückte Gerät.

* Knirsch, H.; Danzeisen, K.; Zirwick, K.; Fritze, B.: VHF/UHF-Empfängereinrichtung ET 001. Neues von Rohde & Schwarz (1975) Nr. 69, S. 8-12.

Absetzempfänger

Die Absetzempfänger ESM 5..K sind fernbedienbare Einschubempfänger mit auf bestimmte Funkdienste zugeschnittenen Empfangsfrequenzbereichen. In ihren qualitativen Empfangseigenschaften stehen sie den Tischempfängern nicht nach, da sie nach den gleichen Zielen entwickelt wurden und auch weitgehend aus deren Baugruppen aufgebaut sind.

Die **Steuerung und Versorgung** von bis zu acht Empfängern erfolgt über eine zentrale Einheit, die – durch einen Mikroprozessor gesteuert – alle Ein- und Ausgaben der Empfänger über eine RS 232C- oder IEC-Bus-Schnittstelle abwickelt. Der Mikroprozessor überwacht auch die Baugruppen der Empfänger und führt bei Bedarf den „Über-alles-Test“ für jeden Empfänger durch. Die einzelnen Empfänger an einer Steuereinheit können unterschiedliche Frequenzbereiche haben. Jeder Empfänger hat vier schaltbare ZF-Bandbreiten, AM-, FM-Demodulator, AGC und externe Regelung sowie einen Signalpegel-(Träger-)Squelch, dessen Schwelle entweder am Empfänger selbst oder digital über die Fernsteuerung einstellbar ist. Das von diesem Squelch geschaltete COR (Carrier Operated Relay) hat eine am Empfänger einstellbare Abfallverzögerung bis zu 10 s.

Die **Frequenzabstimmung** der Empfänger geschieht durch einen Einschleifen-Synthesizer in 1-kHz-Schritten mit etwa 20 ms Einschwingzeit. Für den Empfang von SSB-Signalen können die Empfänger durch den auch im Tischgerät eingesetzten SSB-Demodulator erweitert werden, der dann das Setzen auf eine Frequenz im 10-Hz-Raster ermöglicht. Die Steuerung der Einzelempfänger in einem Achterblock erfolgt über Unteradressen, wodurch je Block nur eine Hauptadresse benötigt wird, das heißt, ohne Extender können zum Beispiel $15 \times 8 = 120$ Empfänger von einem IEC-Bus-Rechner gesteuert werden. Der im Steuer- und Versorgungssteil verwendete hochstabile und rauschfreie 10-MHz-Steueroszillator kann durch ein externes Frequenznormal synchronisiert werden, wenn für bestimmte Meßaufgaben extreme Frequenzgenauigkeit oder konstante Phasenbedingungen für alle Empfänger untereinander gefordert werden.

Kurt Zirwick

KURZDATEN VHF-UHF-EMPFÄNGERFAMILIE ESM 500

Frequenzbereich	
Tischgerät ESM 500	20... 500 (1000) MHz
Absetzempfänger	
ESM 508 K	20... 87 MHz
ESM 517 K	68... 174 MHz
ESM 540 K	220... 450 MHz
Empfangsselektion	mitlaufende Mehrkreisfilter
Rauschmaß (über alles)	≤ 9 dB
Intercept-Punkt 3. Ordnung	10 dBm
Intercept-Punkt 2. Ordnung	40 dBm
Osz.-Störspg. am Antenneneing.	< 1 µV
Osz.-Rauschseitenband-Abstand	typ. 120 dB (in 20 kHz Abstand, 1 Hz Meßbandbreite)
FM-Störabstand	
für $f_{\text{mod}} = 1$ kHz, Frequenzhub 3 kHz	50 dB
AGC-Regelbereich	80/120 dB
Bestellnummer (Tischempfänger)	570.5012...

NÄHERES LESERDIENST KENNZIFFER 92/1