

## Funk-Betriebsempfänger mit dekadischer Frequenzeinstellung

Die digitale Frequenzaufbereitung bietet bei Kurzwellenempfängern betriebstechnische Vorteile. Gemeinsam entwickelten die Siemens AG und Rohde & Schwarz den Funk-Betriebsempfänger EK 47 für ortsfeste und mobile Stationen, der im Langwellen-, Mittelwellen- und Kurzwellenbereich von 10 kHz bis 30 MHz als Doppelüberlagerungsempfänger arbeitet (Bild 1). Die benötigte Empfangsfrequenz wird dekadisch mit sechs Stufenschaltern in kleinsten Schritten von 100 Hz emgestellt und mit Leuchtziffern angezeigt. Innerhalb der 100-Hz-Schritte kann man kontinuierlich durchstimmen. Einige technische Daten sind in der Tabelle zusammengefaßt.

Der Empfänger eignet sich vor allem für den Funkverkehr auf bekannten Fre-

**Funkempfänger mit relativ großem Frequenzbereich brauchen zur genauen Einstellung auf den gewünschten Sender eine entsprechend große Skalenlänge. Hinzu kommt, daß ein eingestellter Sender oft über längere Zeit empfangen werden soll, ohne daß man nachstimmen muß. In solchen Fällen erleichtert nicht zuletzt die dekadische Frequenzeinstellung die Bedienung von Funkempfängern ganz wesentlich.**

quenzen – bei frequenzstabilem Sender ist nach einmaligem Einstellen des Empfängers ein Nachstimmen kaum notwendig – und bietet so die Vorzüge eines frequenzgenauen Festfrequenzempfängers mit fast 300 000 schnell einstellbaren Kanälen für Lang-, Mittel- und Kurzwellendienste aller üblichen Sendarten. Außerdem läßt sich der Anwendungsbereich durch steckbare Zusatzbaugruppen erweitern. Die Bedienungs-erleichterung wird heute für viele mit wenig geübtem Personal besetzte Funkstationen gefordert.

### Empfangsweg

Die erforderliche Eingangsselektion wird durch Bandpässe erreicht, die über die Frequenzeinstellung geschaltet werden. Diese Bandpässe trennen wirksam die Bereiche der Lang-, Mittel- und Kurzwelle und ermöglichen z. B. in unmittelbarer Nähe von Mittelwellen- oder UKW-Sendern einen ungestörten Empfang im Lang- und Kurzwellenbereich. Der Empfänger hat keine durchstimmbare Hf-Selektion. Er mischt rauscharm und ist wegen der ersten Zwischenfrequenz von 73,03 MHz nur durch einen 30-MHz-Eingangstiefpaß vor Spiegelfrequenz- und Zf-Durchschlag sicher (Bild 2).

In den beiden Mischstufen werden rauscharme und hoch aussteuerbare Schottky-Barrier-Dioden in Ringmodulatorschaltung verwendet. Je ein FET-Verstärker hebt die Durchlaßdämpfung der ersten Mischstufe und des Quarzfilters auf. Diese Stufen können bei Simplexbetrieb (Gleichwelle in beiden Verkehrsrichtungen) vom Sender gesperrt werden.

Die Nahselektion in der 30-kHz-Lage erfolgt wahlweise in steckbaren Filtern

mit Bandbreiten von 120 bis 6000 Hz. Die regelbare Zf-Verstärkung vor und hinter den Filtern hat einen Regelumfang von 100 dB.

Für die verschiedenen Sendarten sind ein Dioden- und ein Gegentakt-demodulator notwendig. Der Gegentakt-demodulator erhält entweder die Spannung des variablen A-1-Oszillators (= Überlagerer = BFO) oder die aus dem später beschriebenen Synthesizer gewonnene 30-kHz-Trägerspannung. Ein abschaltbarer Störbegrenzer am Eingang des Nf-Teiles mit Schwellenautomatik reduziert impulsartige, beispielsweise atmosphärische Störungen. Außer einem 2-W-Lautsprecherausgang und einem abschaltbaren Lautsprecher im Gerät ist ein 600-Ω-Ausgang vorhanden.

Eine steckbare ISB-Zusatzbaugruppe (ISB = Independent Side-Band) ermöglicht den Empfang eines zweiten, unabhängigen Seitenbandes und ist ähnlich wie der Schaltungszweig für die Sendart A 3 J (= Einseitenband = SSB) aufgebaut; es ist jedoch nur ein Filter erforderlich. Sie hat ebenfalls einen 600-Ω-Ausgang und kann mit dem eingebauten Lautsprecher abgehört werden.

Der Empfänger ist für Netz- oder Batteriebetrieb eingerichtet. Für Fernschreibempfang kann man den Telegrafie-Demodulator NZ 47 an den 30-kHz-Zf-Ausgang des Empfängers anschließen.

### Frequenzaufbereitung

Die frequenzgenaue Erzeugung der Überlagerungssignale erfolgt im Synthesizer (vgl. Titelbild), der einen störungsfreien und stabilen Empfang (gegen Trägerversatz) empfindlicher Sendarten über längere Zeiträume ermöglicht. Die Frequenzen aller Überlage-

### Technische Daten

#### des Funk-Betriebsempfängers EK 47

Frequenzbereich: 10 kHz bis 30 MHz

Frequenzeinstellung: dekadisch in 100-Hz-Schritten stetig zwischen den 100-Hz-Schritten

Frequenzkonstanz pro Monat:  $\leq 5 \cdot 10^{-8}$  zusätzlich bei Änderung der Umgebungstemperatur von  $-20^\circ\text{C}$  bis  $+50^\circ\text{C}$ :  $\leq 3 \cdot 10^{-7}$

Empfang der Sendarten: A 1, A 2, A 3, A 3 J, A 3 A, A 3 H; mit ISB-Zusatzbaugruppe: A 3 B; mit Telegrafiedemodulator NZ 47: F 1, F 4, F 6

Antenneneingang: 50 Ω, unsymmetrisch  
Zwischenfrequenzen

1. Zf: 73,03 MHz; 2. Zf: 30 kHz

#### Störfestigkeiten

Zwischenfrequenz-Störfestigkeit:  $\geq 80$  dB für Zf 1 und Zf 2

Spiegelfrequenz-Festigkeit:  $\geq 80$  dB

Kreuzmodulation: ein moduliertes Störsignal (m: 30 %, Nf = 1 kHz) von  $U_e = 100$  mV ergibt in 30 kHz Abstand vom unmodulierten Nutzsignal ( $U_e = 100$  μV) einen Nf-Störabstand von 20 dB (= 10 % Modulationsübernahme)

Intermodulationsabstand (gemessen am 600-Ω-Leitungsausgang) bei zwei Signalen mit je 5 mV am Empfängereingang:  $\geq 50$  dB bezogen auf einen Störer

Verstärkungsminderung durch zweites Signal (Blocking): 3 dB bei unmoduliertem Störsignal in 30 kHz Abstand mit 90 dB über Nutzsignal ( $U_e = 1$  μV)

#### Verstärkungsregelung

Regelarten: automatisch (abschaltbar), Handregelung

automatische Regelung: für Eingangsspannungen zwischen 1 μV und 100 mV schwankt die Nf-Ausgangsspannung um weniger als 5 dB

Handregelung: kontinuierlich einstellbar

#### Regelzeit

von 100 μV auf 0 μV:  $\geq 0,1$  s oder  $\geq 5$  s (umschaltbar)

von 1 μV auf 100 μV:  $\leq 20$  ms

Bild 1. Ansicht des Funk-Betriebsempfängers EK 47

Foto: Rohde & Schwarz



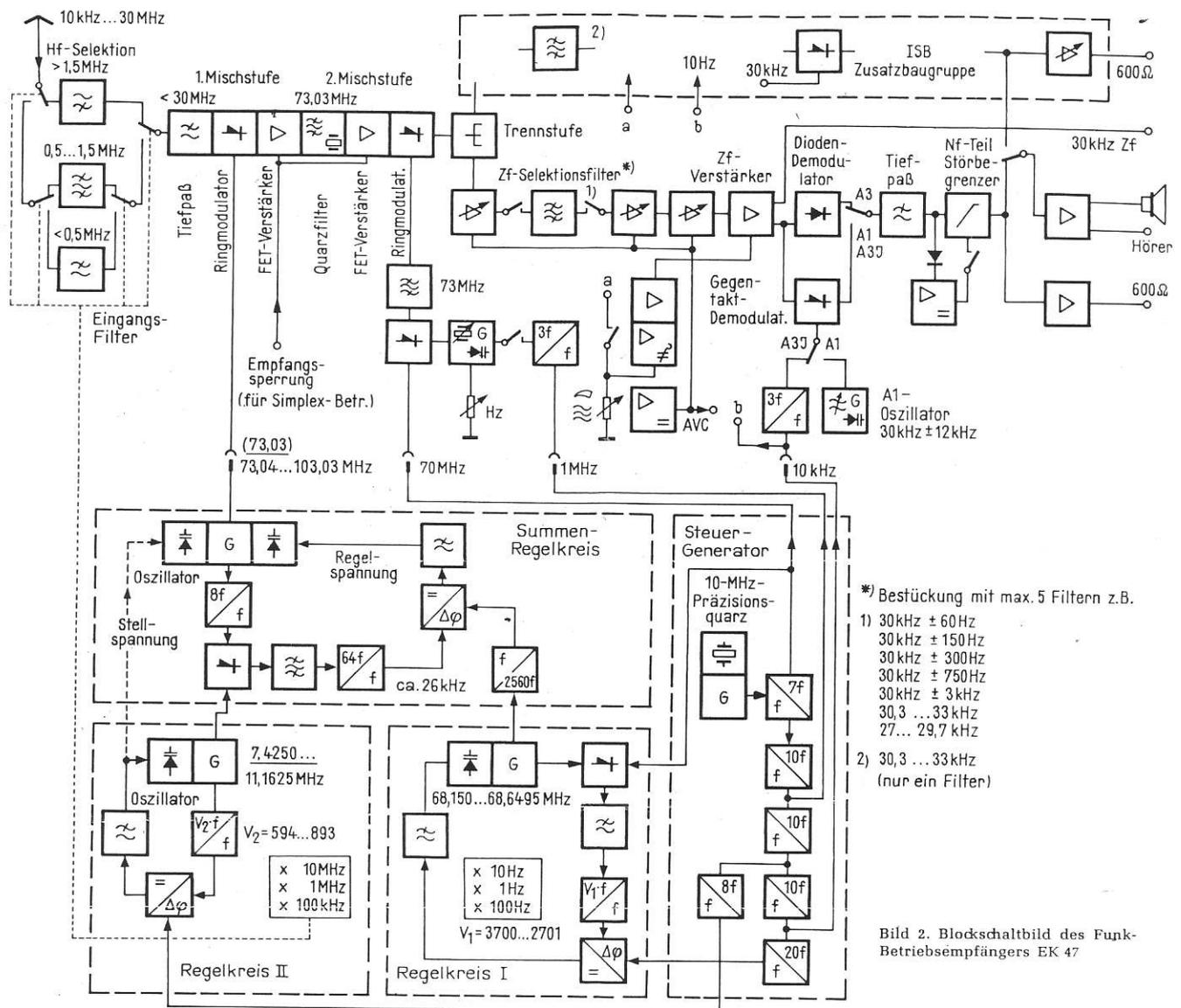


Bild 2. Blockschaltbild des Funk-Betriebsempfängers EK 47

rungssignale werden aus der Steuerfrequenz eines Quarzoszillators der hohen Genauigkeitsklasse  $10^{-7}$  abgeleitet.

Ein freischwingender LC-Oszillator speist einen einstellbaren Frequenzteiler, an dessen Ausgang sich die ganzzahlige geteilte Oszillatorfrequenz befindet. In einer Phasenbrücke erfolgt ein Vergleich mit einer hochkonstanten Steuerfrequenz. Die Ausgangsspannung wird dem LC-Oszillator zur Frequenzregelung zugeleitet. In diesem Regelkreis steht die Schwingung des Oszillators in einem ganzzahligen Verhältnis zur Steuerfrequenz, das über den Frequenzteiler einstellbar ist.

Durch die hier vorliegenden Frequenzlagen ist eine Aufteilung in drei Regelkreise erforderlich. Zwei Regelkreisen ist die Frequenzeinstellung in je drei Dekaden zugeordnet, während der dritte die Summenbildung zur Ausgangsfrequenz übernimmt.

Durch eine Hilfsumsetzung im Regelkreis 1 wird eine für die Summenregelschleife günstige Eingangsfrequenz erreicht und gleichzeitig eine niedrige Frequenzlage für den in 999 Schritten einstellbaren Frequenzteiler, der die Information der eingestellten 100-Hz-, 1-kHz-

und 10-kHz-Schritte über einen Codewandler im „1-aus-10“-Code erhält. Eine Vergleichsfrequenz von 500 Hz sorgt für ein günstiges Einschwingverhalten. Die daraus resultierenden kleinsten Schritte der Ausgangsfrequenz von 500 Hz werden durch entsprechende Dimensionierung des Summenregelkreises auf 100-Hz-Schritte reduziert. Hierdurch erreicht man trotz kleinster Schritte von 100 Hz ein rasches, bei der Bedienung nicht störendes Einschwingen.

Die Einstellung der 100-kHz-, 1-MHz- und 10-MHz-Schritte erfolgt mit Hilfe des in 299 Schritten veränderlichen Frequenzteilers des Regelkreises 2. Eine Vergleichsfrequenz von 12,5 kHz, ein Achtel der zugeordneten kleinsten Schritte, sorgt ebenfalls für ein rasches Einschwingen dieses Regelkreises und vermeidet eine zu große Eingangsfrequenz der einstellbaren Frequenzteiler.

Der Summenregelkreis übernimmt die notwendige Verachtfachung und erzeugt die erste Überlagerungsfrequenz des Empfängers. Damit die Rauschfreiheit des Überlagerungssignals der hohen Kreuzmodulationsfestigkeit der ersten Mischstufe entspricht, ist der gesamte Frequenzbereich auf drei Oszillatoren

mit je 10 MHz Frequenzänderung aufgeteilt. Der 10-MHz-Frequenzbefehl schaltet über den Regelkreis 2 elektronisch zwischen den Oszillatoren um. Der so erzielte Rauschabstand beträgt etwa 140 dB, bezogen auf 1 Hz Bandbreite in 30 kHz Abstand.

Das geringe Phasenrauschen, das durch Umsetzung des Überlagerungssignals mit dem Nutzsignal entsteht, stört bei keiner Sendart. Bei der für Schmalbandtelegrafie angewendeten Filterbandbreite von  $\pm 60$  Hz treten Störhübe von weniger als 2 Hz auf. Außerdem unterdrückt der Synthesizer diskrete Nebenwellen um mindestens 100 dB.

Das frequenzbestimmende Glied des Steuergenerators, ein auf der dritten Oberwelle schwingender 10-MHz-Präzisionsquarz, befindet sich in einem proportional geregelten Thermostaten, es wird auf konstanter Temperatur gehalten. Die volle Genauigkeit ist bereits nach etwa zehn Minuten erreicht.

#### Literatur

Gerhold, J.; Pilz, G.: Funkbetriebsempfänger EK 47 mit dekadischer Frequenzeinstellung von 10 kHz bis 30 MHz. Neues von Rohde & Schwarz, 9 (1969), Nr. 39, S. 8-12.