

Die digitale Frequenzaufbereitung bietet bei Kurzwellenempfängern betriebstechnische Vorteile. Gemeinsam entwickelten Siemens und Rohde & Schwarz den in der Frequenz dekadisch einstellbaren Lang-, Mittel- und Kurzwellenempfänger EK 47 als erstes Glied einer neuen Empfängerreihe. In Verbindung mit dem Telegrafie-Demodulator NZ 47 ist auch der Empfang von Fernschreib-, Daten- und Faksimilesendungen möglich.

Funk-Betriebsempfänger EK 47 mit dekadischer Frequenzeinstellung von 10 kHz bis 30 MHz



Bild 1 Funk-Betriebsempfänger EK 47 für 10 kHz bis 30 MHz.

Foto 18 803

Funkempfänger mit relativ großem Frequenzbereich brauchen zur genauen Einstellung auf den gewünschten Sender eine entsprechend große Skalenlänge. Seit den Anfängen der Funktechnik ist die kontinuierliche Abstimmung in mehreren schaltbaren Frequenzbereichen dafür die gängige Lösung. Nun setzen aber die hohen Anforderungen der trägerlosen Einseitenband-Übertragung und der Schmalband-Telegrafie der Genauigkeit der Frequenzeinstellung dieser Technik klare Grenzen. Hinzu kommt, daß ein eingestellter Sender oft über längere Zeit empfangen werden soll, ohne daß man nachstimmen muß. In solchen Fällen erleichtert die dekadische Frequenzeinstellung die Bedienung von Funkempfängern ganz wesentlich.

Bei dem Empfänger EK 47 wird die jeweilige Empfangsfrequenz im Bereich 10 kHz bis 30 MHz mit sechs Drehschaltern stufenweise in Dekaden bis zu 100 Hz herab eingestellt und durch Leuchtziffern angezeigt (Bild 1). Innerhalb der 100-Hz-Schritte kann dann noch kontinuierlich durchgestimmt werden.

Der Empfänger eignet sich vor allem für die Abwicklung des Funkverkehrs auf bekannten Frequenzen. Bei ausreichend frequenzstabilem Sender ist nach einmaliger Einstellung kaum noch ein Nachstimmen des Empfängers nötig. Eine solche Bedienungs-erleichterung wird heute für viele mit wenig geübtem Personal betriebene Funklinien gefordert. Der Emp-

fänger EK 47 bietet die Vorzüge eines frequenzgenauen Festfrequenz-Empfängers mit fast 300 000 rasch einstellbaren Kanälen für Lang-, Mittel- und Kurzwellendienste aller üblichen Sendarten. Darüber hinaus kann man seinen Anwendungsbereich durch einsteckbare Zusatzbaugruppen noch erweitern.

Würde man diesen Empfänger in gewohnter Weise mit von der Frequenzwahl betätigten durchstimmbaren und in Bereichen umgeschalteten HF-Vorkreisen ausstatten, so wäre dafür erheblicher Aufwand an Servo-Technik nötig, die Senderwahl würde länger dauern und außerdem akustisch stören. Bei Funkempfängern mit der üblichen niedrigen Lage der ersten Zwischenfrequenz sorgen die HF-Verstärkerstufen – angesichts der meist stark rauschenden Mischstufen – in erster Linie für die nötige Spiegel-

frequenz- und ZF-Unterdrückung, aber auch für die Verbesserung der Eingangsempfindlichkeit.

Empfangszug

Der Empfänger EK 47 hat keine durchstimmbare HF-Selektion, weil er rauscharm mischt und wegen seiner ersten Zwischenfrequenz von 73,03 MHz allein durch einen Eingangstiefpaß große Sicherheit vor Spiegelfrequenz- und ZF-Durchschlag erhält (Bild 2).

Eine wesentliche Voraussetzung für dieses Konzept ist ein **Sechskreis-Quarzfilter** für die erste Zwischenfrequenz mit einer Bandbreite von ± 12 kHz. Es hat sehr steile und stabile Flanken und so geringfügige

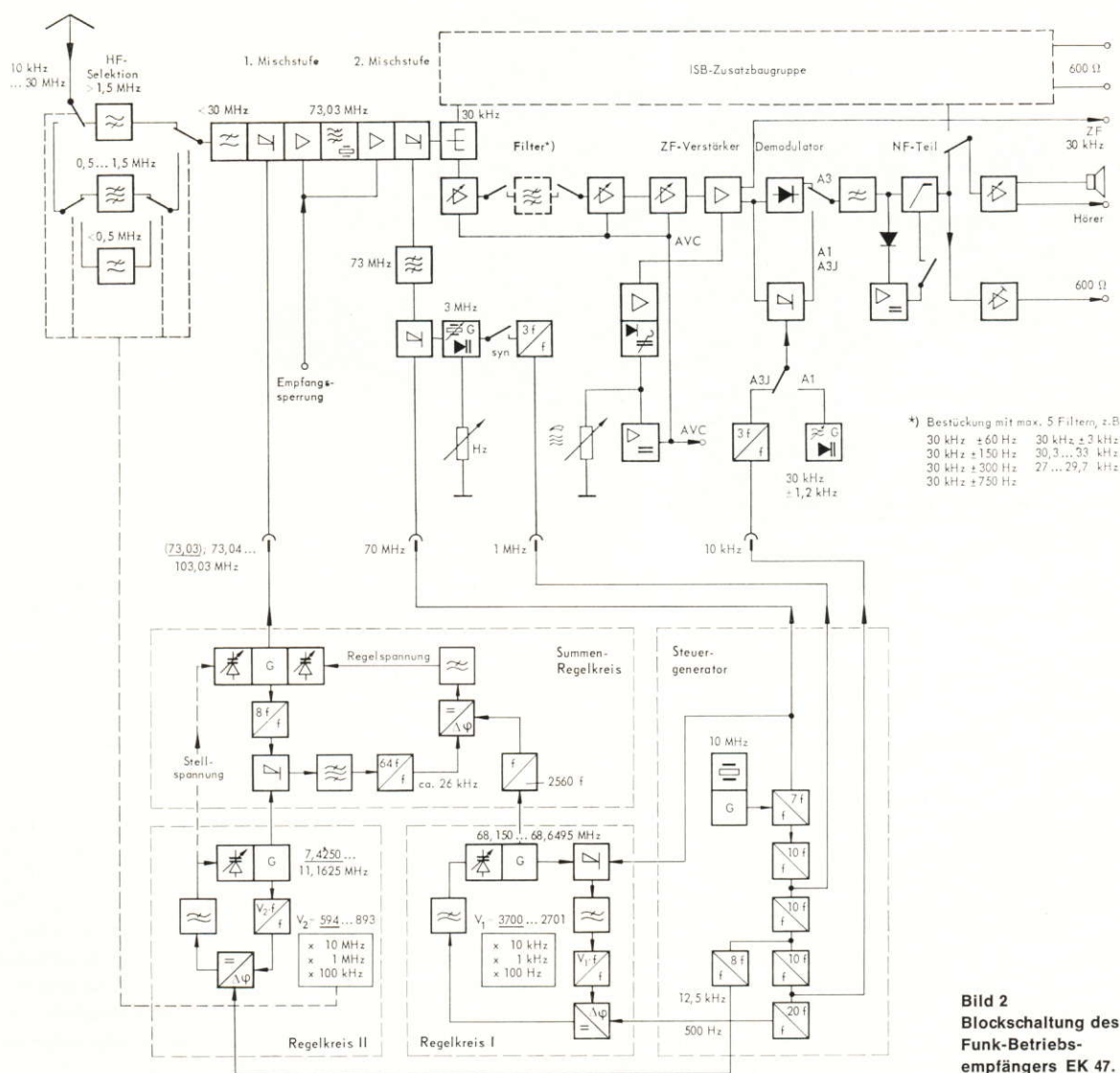


Bild 2
Blockschaltung des Funk-Betriebsempfängers EK 47.

Einbrüche durch Nebenresonanzen, daß im Empfänger EK 47 wohl erstmalig mit dem Übergang zur zweiten Zwischenfrequenz von 30 kHz ein so großer Frequenzsprung in einem Schritt realisiert werden konnte, bei einem Spiegelfrequenzabstand von über 80 dB.

Ein **Synthesizer** liefert die Überlagererspannung für die erste Mischstufe in 100-Hz-Stufen. Er gibt ebenfalls eine quarzsynchrone 70-MHz-Spannung ab, welche nach Addition einer 3-MHz-Spannung aus dem um 120 Hz ziehbaren Interpolationsoszillator die Umsetzung in der zweiten Mischstufe vornimmt. Bei rein dekadischem Betrieb wird der 3-MHz-Quarzoszillator durch eine weitere 1-MHz-Spannung aus dem Synthesizer synchronisiert.

Für beide **Mischstufen** des Nachrichtenweges werden Schottky-Barrier-Dioden in Ringmodulator-Schaltung eingesetzt, weil sie rauscharm und weit aussteuerbar

Empfang im Lang- und Kurzwellen-Bereich. Darüber hinaus schützen eingebaute Dioden den Empfänger-eingang weitgehend vor Überlastung.

Die eigentliche Nahselektion in der 30-kHz-Lage übernehmen wahlweise Filter mit Bandbreiten von 1,4:1 bis 3,8:1 für 60 dB:3 dB Dämpfung. Die Filter, zu meist in mechanischer Ausführung, sind auf fünf Plätze steckbar. Die regelbare **ZF-Verstärkung** liegt vor und hinter diesen Filtern; sie hat einen Regelumfang von 100 dB. Die Regelspannung wird mit Rücksicht auf trägerlose Sendungen rasch aufgebaut. Ihr Abklingen geht wahlweise schnell oder langsam vor sich. Für die verschiedenen Sendarten dienen ein Dioden- und ein Gegentakt-Demodulator. Dem letzteren wird entweder die Spannung des variablen A1-Oszillators oder die aus dem Synthesizer gewonnene 30-kHz-Trägerspannung zugeführt. Ein abschaltbarer Störbegrenzer mit Schwellenautomatik reduziert Krach-

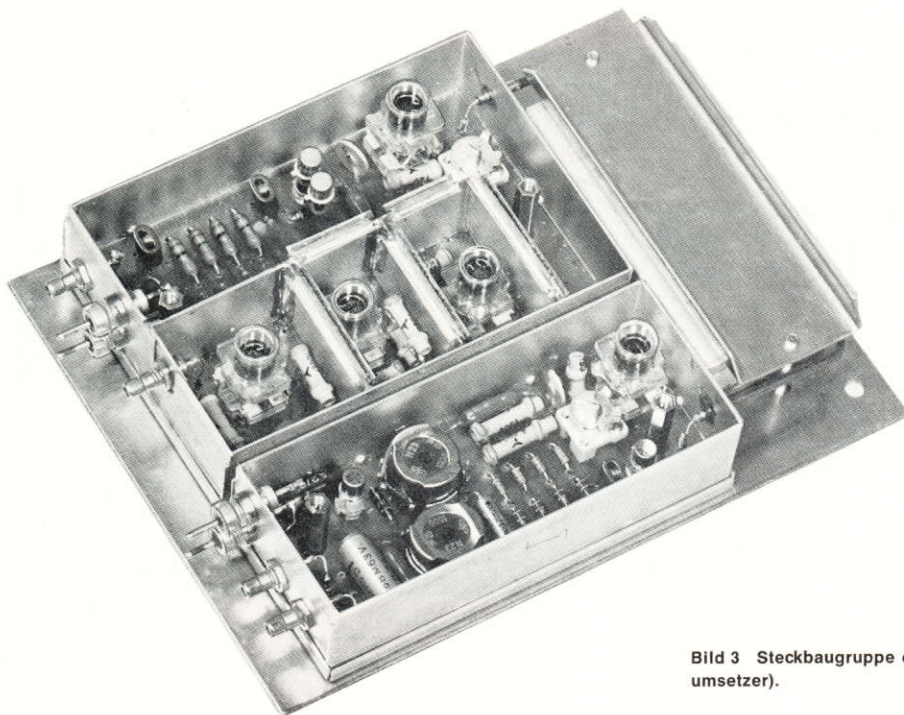


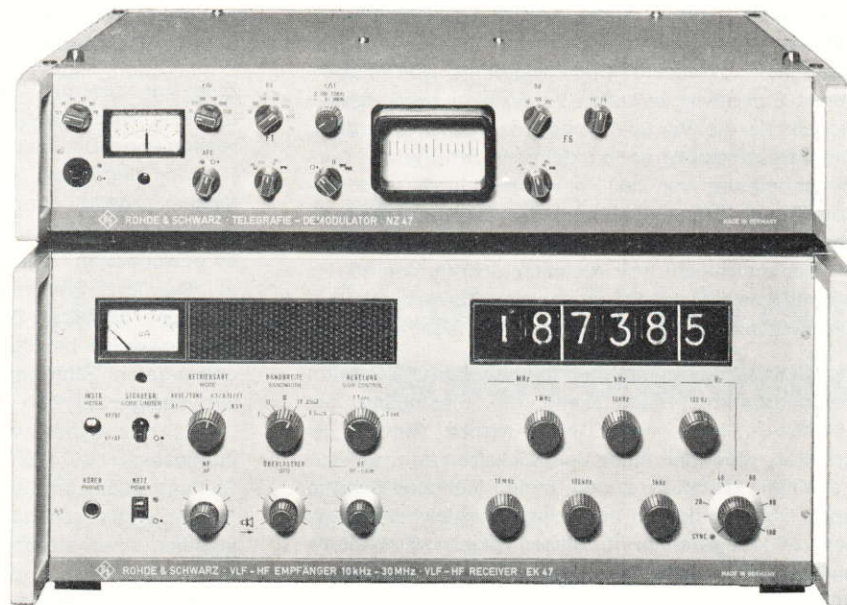
Bild 3 Steckbaugruppe des Empfangszuges (Frequenzumsetzer).
Foto Wv 69 M 5626 B

sind. Die Durchlaßdämpfung der ersten Mischstufe und des Quarzfilters wird durch je einen selektiven FET-Verstärker aufgehoben. Diese Stufen können bei Simplex-Betrieb von einem räumlich benachbarten Sender aus gesperrt werden. Der Empfänger läßt eine Störsender-Eingangsspannung von 100 mV zu für eine Kreuzmodulationsübernahme von 10% in mindestens 30 kHz Abstand vom Nutzsignal. Zur HF-Selektion tragen drei von der Frequenzwahl eingeschaltete Eingangsfilter bei. Sie trennen sehr wirksam die Bereiche der Lang-, Mittel- und Kurzwelle und ermöglichen zum Beispiel auch in unmittelbarer Nähe von Mittelwellen- oder UKW-Sendern einen ungestörten

Empfang. Außer dem 2-W-Lautsprecherausgang (abschaltbarer Lautsprecher im Gerät) ist ein klirrarmer Leitungsausgang vorhanden.

Für den Empfang eines zweiten, unabhängigen Seitenbandes wird eine **ISB-Zusatzbaugruppe** eingesteckt. Sie hat ebenfalls einen Leitungsausgang und kann mit dem eingebauten Lautsprecher abgehört werden. Auch alle anderen Baugruppen des Empfangszuges sind steckbar (Bild 3). Der Ausgangspegel der beiden Leitungsverstärker kann mit Hilfe des eingebauten Meßinstrumentes eingestellt werden, das wahlweise auch ungefähr die Eingangsspannung des empfangenen Senders anzeigt.

Bild 4
Funk-Betriebsempfänger EK 47
mit Telegrafie-Demodulator
NZ 47 für Fernschreib-, Daten-
und Faksimilesendungen.
 Foto 18 802



Der Empfänger ist für Netz- oder Batteriebetrieb eingerichtet. Für die Speisung aus der 24-V- oder 28-V-Batterie dient ein in den Netzbaustein einsteckbarer Transistor-Umrichter. Alle Gleichspannungen im Empfänger sind gut stabilisiert.

Bei Fernschreibempfang kann der in seinen technischen Daten und Abmessungen zum EK 47 passende **Telegrafie-Demodulator NZ 47** an den 30-kHz-ZF-Ausgang des Empfängers angeschlossen werden (Bild 4).

Frequenzaufbereitung

Wie bereits erwähnt, übernimmt im Empfänger EK 47 der Synthesizer die frequenzgenaue Erzeugung der Überlagerungssignale. Er sorgt dafür, daß selbst gegen Trägerversatz empfindliche Sendearten störungsfrei und stabil über längere Zeiträume zu empfangen sind.

Durchstimmbare Oszillatoren mit frequenzbestimmenden LC-Kreisen allein genügen diesen Forderungen bei weitem nicht. Die Verwirklichung gelingt mit einer digitalen **Frequenzanalyse**, wobei die Frequenzen aller benötigten Überlagerungssignale aus der hochstabilen Steuerfrequenz eines Quarzoszillators der Genauigkeitsklasse 10^{-7} abgeleitet werden (siehe Bild 2):

Ein freischwingender LC-Oszillator speist einen einstellbaren Frequenzteiler. An dessen Ausgang tritt die ganzzahlig geteilte Oszillatorfrequenz auf. In einer Phasenbrücke erfolgt ein Vergleich mit einer hochkonstanten Steuerfrequenz. Die Ausgangsspannung wird dem LC-Oszillator zur Frequenzregelung zuge-

führt. In diesem Regelkreis steht die Schwingung des Oszillators in einem ganzzahligen und über den Frequenzteiler einstellbaren Verhältnis zur Steuerfrequenz.

Wollte man dieses Verfahren mit einem einzigen Regelkreis bei den hier vorliegenden Frequenzlagen zu realisieren versuchen, ergäben sich mehrere Probleme. Einerseits müßte ein in rund sechs Dekaden einstellbarer Frequenzteiler für eine Eingangsfrequenz von 100 MHz geschaffen werden. Andererseits entspräche die dem Frequenzteiler entnommene geteilte Frequenz dem kleinsten einstellbaren Schritt von 100 Hz. Da in der Zuleitung der Regelspannung zum Oszillator die Vergleichsfrequenz angemessen unterdrückt werden muß, um eine störende Phasenmodulation des Oszillators zu unterbinden, ließen die dynamischen Eigenschaften einer derartigen Anordnung sehr zu wünschen übrig. Einstellzeiten im Sekundenbereich wären die Folge. Überdies müßte die Kurzzeitkonstanz der freischwingenden Oszillatoren den genannten Anforderungen genügen. Entsprechend unempfindlich müßten sie gegenüber mechanischen Erschütterungen sein.

Alle genannten Forderungen sind aber durch eine Aufteilung in drei Regelkreise zu erfüllen. Dabei wird zwei Regelkreisen die Frequenzeinstellung in je drei Dekaden zugeordnet, während der dritte die Summenbildung zur Ausgangsfrequenz übernimmt (siehe Bild 2).

Durch eine Hilfsumsetzung im **Regelkreis 1** erreicht man eine für die Summenregelschleife günstige Eingangsfrequenz und gleichzeitig eine niedrige Frequenzlage für den in 999 Schritten einstellbaren Fre-

quenzteiler. Diesem Teiler werden die Befehle der 100-Hz-, 1-kHz- und 10-kHz-Schritte über einen Code-wandler im „1-aus-10“-Code zugeführt. Um ein günstiges Einschwingverhalten zu erzielen, wird diesem Regelkreis die Vergleichsfrequenz 500 Hz zugeführt. Die daraus resultierenden kleinsten Schritte der Ausgangsfrequenz von 500 Hz werden durch eine entsprechende Dimensionierung des Summenregelkreises auf 100-Hz-Schritte reduziert. Der erzielte Vorteil ist klar ersichtlich: trotz kleinster Schritte von 100 Hz ein rasches, bei der Bedienung des Gerätes in keiner Weise störendes Einschwingen von weniger als 50 ms.

Regelkreis 2 übernimmt mit seinem über 299 Schritte veränderbaren Frequenzteiler die Einstellung der 100-kHz-, 1-MHz- und 10-MHz-Schritte (Bild 5). Er arbeitet jedoch mit einer Vergleichsfrequenz, die nur bei einem Achtel der zugeordneten kleinsten Schritte liegt. Die sich daraus ergebende Vergleichsfrequenz von 12,5 kHz garantiert für diesen Regelkreis ebenfalls ein rasches Einschwingen, vermeidet aber die andernfalls zu hoch liegende Eingangsfrequenz der einstellbaren Frequenzteiler.

Die notwendige Verachtfachung übernimmt wieder der **Summenregelkreis**. Hier wird die eigentliche erste Überlagerungsfrequenz des Empfängers erzeugt. Um eine der hohen Kreuzmodulationsfestigkeit der ersten Mischstufe angepaßte Rauschfreiheit des Überlagerungssignals zu erreichen, ist der gesamte Frequenzbereich auf drei Oszillatoren mit jeweils 10 MHz Frequenzänderung aufgeteilt. Zwischen den Oszillatoren wird vollelektronisch durch den 10-MHz-Frequenzbefehl umgeschaltet. Damit erzielt man den zur vollen Ausnutzung der Linearität der ersten Mischstufe not-

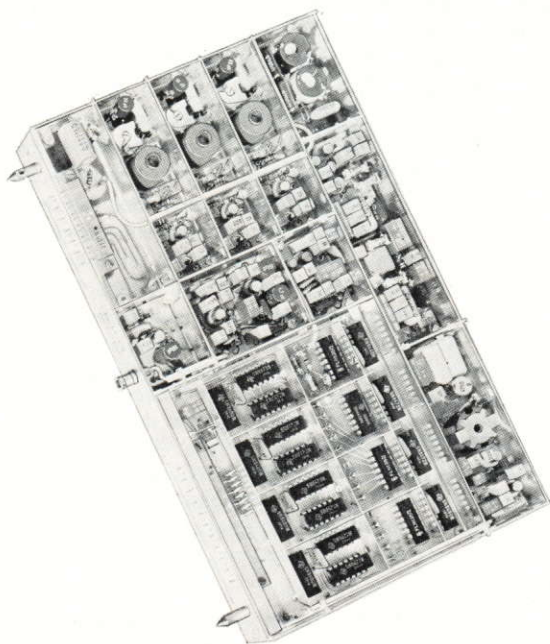


Bild 5 Steckbaugruppe des Synthesizers (Regelkreis 2).

Foto 18 805

wendigen Rauschabstand von etwa 140 dB, bezogen auf 1 Hz Bandbreite in 30 kHz Abstand.

Eine Besonderheit des Synthesizers sind die elektronisch voreingestellten Oszillatoren des Summenregelkreises. Das Kriterium für die Voreinstellung liefert der Regelkreis 2. Dieses phasensynchronisierte System arbeitet ohne jede Fanghilfe, das heißt mit geringstem Aufwand. Das durch Umsetzung mit dem so gewonnenen Überlagerungssignal dem Nutzsignal aufmodulierte Phasenrauschen ist so gering, daß es bei keiner Sendearart Störungen hervorruft. So werden beispielsweise bei der für Schmalbandtelegrafie angewendeten Filterbandbreite von ± 60 Hz Störhübe von weniger als 2 Hz erreicht. Darüber hinaus unterdrückt der Synthesizer diskrete Nebenwellen um mindestens 100 dB. Eine sorgfältig dimensionierte Siebung aller zum Synthesizer führenden und abgehenden Leitungen garantiert auch bei kleinen Nutzsignalen einen störungsfreien Empfang im gesamten Frequenzbereich. Dazu trägt auch der gut geschirmte Aufbau des in sechs steckbaren Baugruppen unterteilten Synthesizers bei.

Das frequenzbestimmende Glied des **Steuergenerators**, verantwortlich für die Frequenzgenauigkeit des Empfängers, ist ein auf der dritten Oberwelle schwingender 10-MHz-Präzisionsquarz. Er wird in einem proportional geregelten Thermostaten auf konstanter Temperatur gehalten. Die zu erwärmenden Massen sind außergewöhnlich klein gehalten, so daß schon nach etwa zehn Minuten die volle Genauigkeit erreicht wird. Aus dem Blockschaltbild ist ersichtlich, daß auch alle weiteren Überlagerungsfrequenzen für den Synthesizer aus dem Steuergenerator abgeleitet werden.

Die Kombination eines rauscharmen und linearen Empfangszuges mit einem hochwertigen Synthesizer ergibt im EK 47 eine besonders günstige Lösung für einen Funk-Betriebsempfänger. Seine klar gegliederte Frontplatte mit eindeutiger, dekadischer Frequenzanzeige durch Leuchtziffern sichert einen hohen Bedienungskomfort. Dabei haben neue Bauelemente – wie Quarzfilter und mechanische Filter im Empfangszug und integrierte Schaltkreise im Synthesizer – dazu beigetragen, ein zuverlässiges Gerät mit akzeptablem Volumen und Gewicht zu schaffen, das darüber hinaus auch ein optimales Aufwands/Leistungs-Verhältnis hat.

J. Gerhold; G. Pilz

Kurzdaten des Funk-Betriebsempfängers EK 47

Frequenzbereich	10 kHz ... 30 MHz
Frequenzeinstellung	dekadisch in 100-Hz-Stufen stetig zwischen den 100-Hz-Stufen
Frequenzinkonstanz pro Monat	$\leq 5 \cdot 10^{-8}$
Empfang der Sendearten	A1, A2, A3, A3J, A3A, A3H mit ISB-Zusatzbaugruppe A3B mit Telegrafie-Demodulator NZ 47 F1, F4, F6