

Kurzwellen-Empfangstechnik

Die Kurzwellen-Sende- und Empfangstechnik wird gelegentlich als der „klassische“ Teil der Funktechnik bezeichnet. Das liegt wohl vor allem daran, daß mit ihrer Hilfe schon seit Jahrzehnten Funkverbindungen mit allen Teilen der Welt möglich sind und daß auch die Gerätetechnik schon früh einen hohen Stand erreicht hat. Trotzdem wäre es falsch anzunehmen, daß die Technik auf diesem Zweig nicht mehr allzu wandlungsfähig sei. Gerade in neuerer Zeit haben sich die KW-Geräte für kommerzielle Anwendungen erheblich verändert, und Rohde & Schwarz hat hier ein umfangreiches Arbeitsgebiet gefunden.

Die Hefte 8 und 9 der R & S-Kurzinformation geben Aufschluß über den heutigen Stand unseres Programms auf der Empfangsseite. Zur raschen Orientierung folgt zunächst eine Zusammenfassung der neu bearbeiteten Probleme und Geräte.

Antennen und Antennen-Trennverstärker

Im Zusammenhang mit den Antennen, über die in einer später erscheinenden Rohde & Schwarz-Veröffentlichung zusammenfassend berichtet wird, soll hier nur erwähnt werden, daß der Wunsch spürbar wurde, mit kleineren Abmessungen zu wirkungsvollen Antennenformen zu kommen. Dabei ist nicht nur die Abmessung der Antenne allein gemeint, es sollen auch möglichst kleine Aufstellflächen ausreichend sein. Vor allem für den beim Telegrafieverkehr dringend erwünschten Diversity-Empfang waren noch vor einigen Jahren ausgedehnte Gelände erforderlich, um durch das getrennte Aufstellen der Antennen den Raum-Diversity-Effekt zu erzielen. Es zeigte sich bei neueren Untersuchungen, daß die verschiedene Polarisation der einfallenden Strahlung ähnlich gut für Diversity-Empfang ausgenutzt werden kann, wobei jetzt aber nur eine Antennenkonstruktion an einer Geländestelle aufgebaut werden muß. Auch ist es jetzt möglich, Richtantennen großer Bandbreite mit veränderbarer Abstrahlrichtung fernsteuerbar so zu konstruieren, daß auch hier erhebliche Einsparungen an Geländebedarf möglich sind. Diese Fragen werden im Abschnitt über Diversity-Empfang ausführlich erörtert.

In größeren Empfangsstellen, die Signale aus allen Himmelsrichtungen aufnehmen müssen und in denen mehrere Empfänger gleichzeitig betrieben werden sollen, war es noch vor einigen Jahren üblich, eine größere Zahl von Antennen aufzubauen und jeweils einen Empfänger an jeder Antenne zu betreiben. Ein Anschließen mehrerer Empfänger an eine Antenne ist ja ohne erhebliche Einbuße an Empfangsqualität nicht durchführbar, da sich Empfänger, die auf verschiedenen Frequenzen arbeiten, gegenseitig kurzschließen können.

Es ist jetzt möglich, breitbandige Antennen-Trennverstärker mit mehreren Ausgängen zu bauen, die empfindlich genug sind und trotzdem so verzerrungsfrei arbeiten, daß die Signale, die auf allen Frequenzen gleichzeitig an den Verstärkereingang kommen, keine neuen störenden Frequenzen wegen zu großer Nichtlinearitäten im Verstärker bilden. Diese Technik, die noch vor einem Jahrzehnt wegen der unzulänglichen Geräte von den Betriebsfunkern abgelehnt wurde, hat sich jetzt allgemein durchgesetzt. Es stehen Trennverstärker zur Verfügung, die eine hohe Verzerrungsfreiheit besitzen und es sind bereits Anlagen in Betrieb, bei denen an einer Antenne über 50 Empfänger arbeiten, wobei dann jeweils zwei oder mehr Trennverstärker in Kaskade geschaltet sind.

Empfänger

Bei den Empfängern hat sich ein grundsätzlicher Wandel gezeigt. Wegen der besonders dichten Frequenzbesetzung im KW-Bereich ist es nicht einfach, einen Sender rasch aufzufinden, wenn nicht die Frequenzeinstellung so konstant und die Frequenzskala des Empfängers so genau ist, daß eine aufzunehmende Frequenz mit einer Treffsicherheit von einigen Hundert Hertz gefunden werden kann. Beim Empfang von Einseitenbandsignalen mit vollständig unterdrücktem Träger besteht sogar die Forderung, daß die Frequenz des aufzunehmenden Senders bis auf einige Hertz genau eingestellt werden soll. Das hat zu einer erheblichen Wandlung in der Technik der Überlagerungsschaltungen in den Empfängern geführt. Über dieses Thema der „Frequenzaufbereitung“ oder des „Empfängerkonzeptes“ wurde im vorherigen Heft genauer berichtet.

Die Wiedergabe von Telegrafie-Sendungen soll heute automatisiert sein. Vor allem beim Funk-Fernschreiben wird es als unerlässlich angesehen, daß ohne Mitarbeit eines Funkers, der noch in den Jahren nach dem Kriege mit akustischen Zeichen die Telegrafienachricht übernahm und niederschrieb, jetzt die Fernschreibmaschine einwandfrei arbeitet. Dies bewirkt zwar eine erhebliche Einsparung an Betriebspersonal, bedingt jedoch neue zusätzliche Geräte, insbesondere hochwertige Telegrafie-Demodulatoren und Einrichtungen zum Diversity-Empfang. Bei den Telegrafie-Demodulatoren, die unmittelbar zur Ansteuerung der Fernschreibmaschinen geeignet sind, sind die mechanischen Telegrafierelais fortgefallen und durch gesteuerte Halbleiter ersetzt worden, was die Wartung der Geräte erleichtert.

Der Einseitenbandempfang, der an sich schon seit längerem auf den großen festen Funklinien verwendet wird, bekommt in neuerer Zeit immer größere Bedeutung. Seine Vorteile sind wohl allgemein bekannt. Auf einzelne der Vorzüge wird bei der Behandlung von Einzelgeräten noch eingegangen. Die schon erwähnte Möglichkeit, Empfänger besonders hoher Treffsicherheit und Konstanz zu bauen, kommt der Einführung der Einseitenbandempfangstechnik besonders entgegen, da sonst mit Trägerrest und Frequenzregelschaltungen im Empfänger gearbeitet werden muß, was grundsätzlich erschwerte Bedienung der Geräte bedeutet.

Empfänger, die den gesamten Kurzwellenbereich mit extremer Konstanz überstreichen, sind bereits erhältlich und vereinzelt werden Funknetze mit Einseitenbandübertragung ohne Träger aufgebaut.

Fernsteuerung von Kurzwellenempfängern

Ein sehr modernes Gebiet mit alter Aufgabenstellung ist die Fernsteuerung von Kurzwellenempfängern. Man möchte Empfangsstellen in einem Gelände aufbauen, das möglichst frei von Industriestörungen aller Art ist. Das Bedienungspersonal wünscht meist in der Stadt zu leben und zu arbeiten, und es ist auch aus betrieblich-organisatorischen Gründen wichtig, bei zusammengehörenden Sende- und Empfangsstationen, die ja an getrennten Plätzen aufgebaut sind, eine zentrale Bedienungsstelle zu haben.

Bei den Empfängern mit moderner Konzeption für die Frequenzaufbereitung besteht nun die Möglichkeit, nicht zu umfangreiche Einrichtungen für die Fernbedienung solcher Empfänger zu bauen. Dabei muß gewährleistet sein, daß der Benutzer praktisch nicht unterscheiden kann, ob er das Steuergerät oder den entfernt aufgestellten Empfänger bedient. Das gilt vor allem für die genaue Frequenzeinstellung des Empfängers. Die Treffsicherheit des Gerätes darf also nicht leiden.

Eine Übersicht über die Technik einer solchen Anlage für die Fernsteuerung eines Kurzwellenempfängers befindet sich in diesem Heft sowie in einem Artikel unserer Hauszeitschrift Rohde & Schwarz-Mitteilungen Nr. 17.

J. Hacks

Antennen-Trennverstärker

Es ist heute wohl keine Funkempfangsstelle denkbar, in der nicht mehrere Empfänger mit der Energie einer Antenne versorgt werden müssen. Dabei entsteht das Problem, die verfügbare Signalspannung in einem Trennverstärker so zu verstärken und auf mehrere Ausgänge zu verteilen, daß für jeden Empfänger die gleichen Verhältnisse bestehen, als wäre er direkt mit der Antenne verbunden. Zur Lösung dieser Aufgabe müssen folgende Forderungen erfüllt werden:

1. Die Eigenrauschleistung des Verstärkers muß so gering sein, daß die gesamte Rauschleistung des Systems Antenne, Verstärker und Empfänger nicht größer ist, als wenn der Verstärker nicht verwendet würde.
2. Der Verstärker muß so linear arbeiten, daß bei normalen Empfangsverhältnissen keine Störspannungen durch Oberwellenbildung, Bildung von Differenztönen oder Kreuzmodulation entstehen können, die in die Größenordnung der Empfangsspannung fallen.
3. Die Verstärkerausgänge müssen so gut entkoppelt sein, daß die angeschlossenen Empfänger sich nicht gegenseitig mit ihrer Oszillator-Störstrahlung beeinflussen.
4. Der Verstärker muß ohne Umschaltung den gesamten Empfangsbereich der angeschlossenen Empfänger umfassen.
5. Der Eingangswiderstand muß im ganzen Frequenzbereich so konstant sein, daß ein Fehlabschluß der angeschlossenen Antennen vermieden wird.
6. Die Leistungsaufnahme der Verstärker aus dem Netz soll möglichst gering sein, damit in einer Empfangsstelle diese Verstärker in einer größeren Anzahl ohne zusätzliche Lüftungsmaßnahmen in ein Gestell eingebaut werden können.
7. Der Ausfall einer Verstärkerröhre darf sich nur wenig bemerkbar machen. Es sollte nicht mehr als einer der angeschlossenen Empfänger dadurch beeinträchtigt werden.

In dem Abschnitt „Aufbau und Leistung des Trennverstärkers NV 4“ wird gezeigt, in welchem Maße der R & S-Trennverstärker NV 4 diesen Forderungen gerecht wird.

Die Messung der Verzerrungen eines Trennverstärkers

Für die Beurteilung der Verzerrungsfreiheit eines Verstärkers werden im allgemeinen nur die Oberwellen und Mischprodukte gemessen und angegeben, die auf Verzerrungen zweiter und dritter Ordnung zurückzuführen sind. Die Verzerrungen höherer Ordnung bilden zwar mehr Mischprodukte, sie sind jedoch in ihrer Amplitude so klein, daß der Empfang durch sie nicht stärker gestört werden kann als durch die Verzerrungen zweiter und dritter Ordnung.

Wenn nur eine Frequenz f den Verstärker steuert, dann entstehen neu als Oberwellen durch die Verzerrungen 2. Ordnung die Frequenz $2f$ und durch die Verzerrungen 3. Ordnung die Frequenz $3f$. Wird der Verstärker von zwei Frequenzen f_1 und f_2 angesteuert, dann werden neben den Oberwellen zusätzlich Mischprodukte erzeugt, und zwar durch die Verzerrungen 2. Ordnung die Summen $(f_1 \pm f_2)$ und durch die Verzerrungen 3. Ordnung die Spiegeltöne $(2f_1 \pm f_2)$ und $(2f_2 \pm f_1)$. Die Größe der Oberwellen wird durch die Klirrfaktoren K_2 und K_3 , die der Mischprodukte durch die Verhältnisse V_d und V_{sp} angegeben. Als weitere Größe kommt noch der Kreuzmodulationsfaktor K_M dazu, der die Modulationsübernahme der Amplitudenmodulation eines Störsenders durch einen Nutzsender angibt. Sofern die Verzerrungen klein gegen die Amplituden der Grundwellen sind, gelten für die Verzerrungen 2. Ordnung:

$$K_2 = \frac{\text{Amplitude der Frequenz } 2f}{\text{Amplitude der Grundwelle}} \quad (1)$$

$$V_d = \frac{\text{Amplitude der Frequenz } (f_1 - f_2) \text{ bzw. } (f_1 + f_2)}{\text{Amplitude der Frequenz } f_1 \text{ oder } f_2} \quad (2)$$

Die beiden so definierten Größen sind proportional zueinander. Es gilt

$$K_2 : V_d = 1 : 2 \quad (3)$$

Dazu kommen aufgrund der Verzerrungen dritter Ordnung die 3 Größen

$$K_3 = \frac{\text{Amplitude der Frequenz } 3f}{\text{Amplitude der Grundwelle}} \quad (4)$$

$$V_{sp} = \frac{\text{Amplitude der Frequenz } (2f_2 \pm f_1) \text{ bzw. } (2f_1 \pm f_2)}{\text{Amplitude der Frequenz } f_1 \text{ bzw. } f_2} \quad (5)$$

$$K_M = \frac{\text{Modulationsübernahme auf den Nutzsender}}{\text{Modulationsgrad des Störsenders}} \quad (6)$$

Diese 3 Größen sind ebenfalls proportional zueinander und es gilt für sie die Beziehung

$$K_3 : V_{sp} : K_M = 1 : 3 : 12 \quad (7)$$

Es genügt, nach den angegebenen Beziehungen in jeder der beiden Gruppen nur eine Größe zu bestimmen, die anderen können danach errechnet werden, wenn die beiden Amplituden der am Eingang stehenden Frequenzen gleich groß sind. Für den Fall, daß beide Frequenzen in ihrer Amplitude gemeinsam verändert werden, seien noch die für die Umrechnung der 3 Größen K_3 , V_{sp} und K_M notwendigen Formeln angegeben. Es ist

$$K_3 = \frac{S_3}{12} \cdot U_f^2 \quad (8)$$

$$V_{sp} = \frac{S_3}{4} \cdot U_f^2 \quad (9)$$

$$K_M = S_3 \cdot U_{stör}^2 \quad (10)$$

Dabei ist S_3 eine Konstante, die proportional von dem Anteil 3. Ordnung der Steilheit des Verstärkers abhängt. Diese Umrechnung kann jedoch sinnvoll nur dann angewendet werden, wenn die Amplituden am Eingang lediglich so groß sind, daß die Mischprodukte aufgrund der Verzerrungen höherer Ordnung noch unberücksichtigt bleiben können.

ist, so daß die Eingangsspannung die Hälfte der EMK ist.

$$V_{sp1} = 70 \text{ db} \equiv 3,15 \cdot 10^{-4}$$

$$U_1 = EMK/2 = 50 \text{ mV}$$

$$V_{sp2} = 40 \text{ db} \equiv 10^{-2}$$

$$U_2 = \text{gesucht}$$

Es gilt nach (9)

$$V_{sp1} = \frac{S_3}{4} \cdot U_1^2 \quad (9a)$$

und

$$V_{sp2} = \frac{S_3}{4} \cdot U_2^2 \quad (9b)$$

daraus

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{U_1^2}{U_2^2} \quad (9c)$$

$$U_2 = \sqrt{\frac{V_2}{V_1}} \cdot U_1 = \sqrt{\frac{10^{-2}}{3,15 \cdot 10^{-4}}} \cdot 50 = 282 \text{ mV}$$

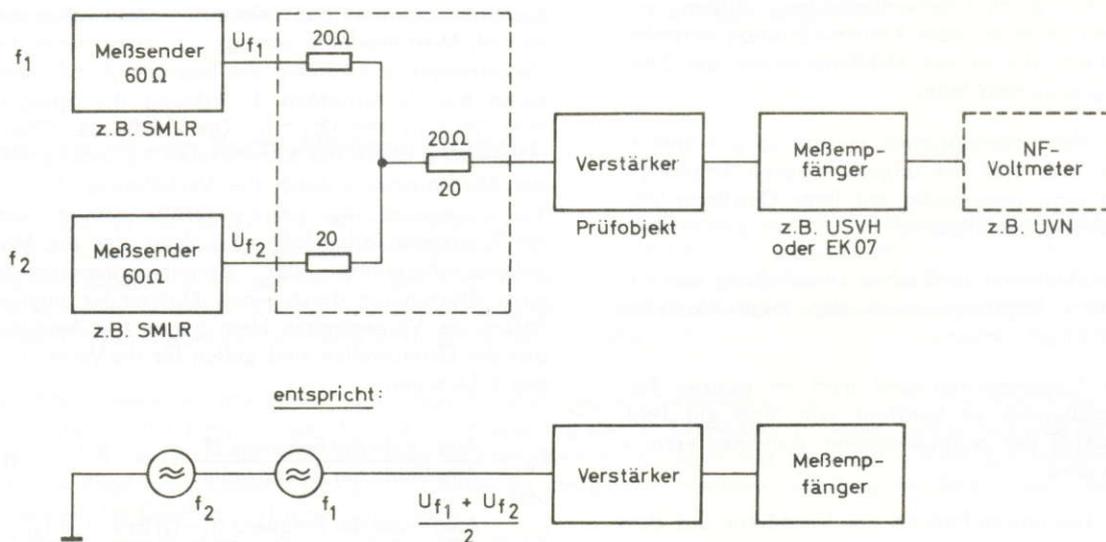


Bild 1 Eine Meßschaltung zur Bestimmung der Verzerrungen eines Verstärkers.

Es sei an dieser Stelle noch ein Beispiel für die Umrechnung angeführt. Gegeben sei ein Verstärker mit einer Spiegeltonbildung V_{sp} von 70 db bei einer Eingangs-EMK von $U_f = 100 \text{ mV}$ beider Frequenzen. Gesucht ist die Eingangsspannung, bei der die Spiegeltonbildung 40 db beträgt. Die Umrechnung erfolgt durch zweimalige Anwendung der Formel (9). Es sei angenommen, daß der Quellenwiderstand gleich dem Eingangswiderstand des Verstärkers

In der Praxis werden meistens die Größen V_d , V_{sp} und K_M gemessen. Zur Messung der ersten beiden Größen verwendet man eine Meßschaltung nach Bild 1. Zwei Meßsender auf der Frequenz f_1 und f_2 werden über eine Anpassungsschaltung mit dem zu prüfenden Verstärker verbunden. Die Anpassungsschaltung enthält drei Widerstände mit je $R_i/3$. Sie bewirkt, daß Meßsender und Verstärker mit ihrem Innenwiderstand abgeschlossen sind, wobei voraus-

gesetzt ist, daß die Geräte gleiche Quell- bzw. Eingangswiderstände besitzen. Die Dämpfung dieses Anpassungsgliedes beträgt für jeden Sender 6 db. Am Ausgang des Verstärkers wird das Mischprodukt mit einem selektiven Röhrevoltmeter (z. B. USVH) oder einem Meßempfänger unmittelbar gesucht und ausgemessen.

Die Kreuzmodulation kann in einer ganz ähnlichen Meßanordnung bestimmt werden wie die Mischprodukte 2. und 3. Ordnung. Es müssen lediglich die Meßsender mit einem definierten Modulationsgrad modulierbar sein. Außerdem ist am Ausgang des selektiven Röhrevoltmeters bzw. des Meßsenders ein NF-Voltmeter notwendig, um die Höhe der Modulation messen zu können. Es wird zunächst

Aufbau und Leistung des Kurzwellen-Trennverstärkers NV 4

Die Antennenenergie wird, wie es das Blockschaltbild (Bild 2) zeigt, dem Trennverstärker über ein Hochpaßfilter zugeführt, das alle störenden Frequenzen, die nicht im zu empfangenden Frequenzband liegen, vor allen Dingen stark einfallende Mittelwellenrundfunksender, vom Eingang der Verstärkerstufen fernhält. Hinter dem Eingangsfiler ist ein Breitbandübertrager vorgesehen, der die Anpassung der im allgemeinen unsymmetrischen Antennenkabel an den symmetrisch aufgebauten Kettenleiter des Trennverstärkers besorgt. Dieser Breitbandübertrager kann jedoch auch für symmetrische

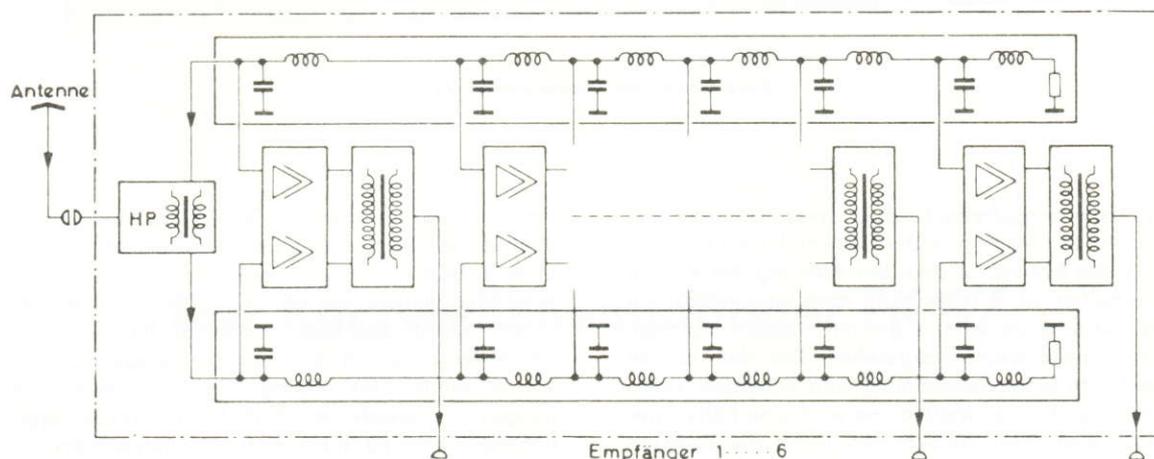


Bild 2 Das Prinzipschaltbild des Trennverstärkers NV 4.

der eine der beiden Meßsender auf die Nutzsenderfrequenz eingestellt und moduliert. Die am Meßempfänger entstandene NF wird gemessen und der Wert notiert. Danach wird die Modulation des Meßsenders abgeschaltet, wobei sich der HF-Pegel nicht ändern darf. Der zweite Meßsender, der als Störsender arbeitet, wird auf eine Frequenz eingestellt, die so weit von der Nutzsenderfrequenz entfernt ist, daß in dem Meßempfänger keine unmittelbare Demodulation erfolgen kann. Der Störsender wird mit dem gleichen Modulationsgrad wie vorher der Nutzsender moduliert und in seiner Amplitude so weit erhöht, bis am Ausgang des Meßsenders 10% der vorher gemessenen NF-Amplitude vorhanden ist. Die so gemessene HF-Amplitude des Störsenders wird für die Angabe der Kreuzmodulation benutzt.

Antenneneingänge dimensioniert werden. Der Verstärker arbeitet vom Breitbandübertrager aus im Gegentakt, wodurch sich eine beträchtliche Verzerrungsminderung bei den geradzahligen Verzerrungen ergibt. Für jeden Ausgang ist eine Gegentaktverstärkerstufe vorgesehen, deren Eingangskapazität die Querkapazität des Kettenleiters bildet. Durch die Verwendung des Kettenleiters werden die parallel liegenden Eingangskapazitäten der Stufen untereinander entkoppelt. Für jede Verstärkerstufe werden zwei Doppeltrioden vom Typ E 88 CC in der sogenannten Cascode-Schaltung verwendet. Mit dieser Schaltung erreicht man eine niedrige Rauschzahl und einen kleinen Durchgriff, der für eine gute Entkopplung zwischen den Ausgängen erforderlich ist.

Die Verzerrungsfreiheit wird durch eine wirksame breitbandige Gegenkopplung erreicht. In einer Untersuchung [1] konnte festgestellt werden, daß in der Cascode-Schaltung bei den verwendeten Röhren eine Gegenkopplung durch einen nichtüberbrückten Kathodenwiderstand der Eingangsröhre bis zur oberen Frequenzgrenze des Verstärkers auch ohne zusätzliche Entzerrungsmaßnahmen ausreichend ist.

Spannung liegt, die eine Eingangs-EMK von 80 mV am Eingang des Verstärkers auf der gleichen Frequenz ergeben würde, wenn die Eingangs-EMK auf den beiden Frequenzen f_1 und $f_2 \leq 80$ mV ist.

Nach den angegebenen Beziehungen kann mit den gemessenen Werten die Kreuzmodulation errechnet werden. Es würde sich danach bei einer Eingangs-EMK von 80 mV des Störsenders eine Kreuzmodula-

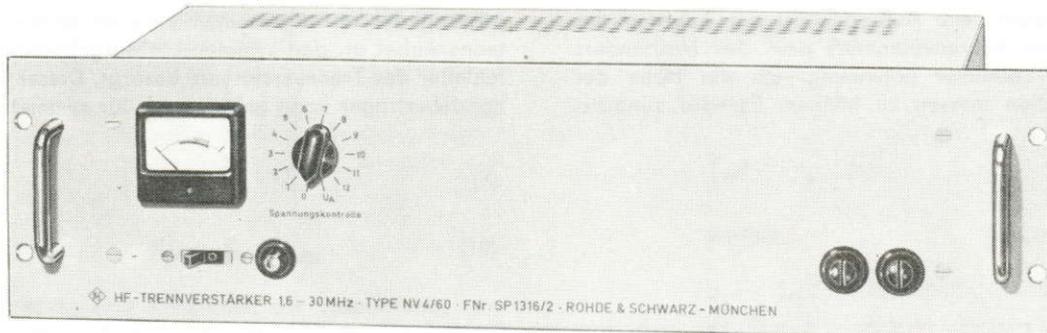


Bild 3 Ansicht des Trennverstärkers NV 4.

5108

Die Verzerrungsfreiheit hängt wesentlich von der Qualität der Symmetrie der Gegentaktschaltung ab. Um diese Symmetrie auch bei Alterung der Röhren zu erhalten, ist in jeder Stufe noch eine zusätzliche Gleichstromgegenkopplung mit einem großen Kathodenwiderstand vorgesehen. Die den Röhren zugeführte Gittervorspannung wird außerdem stabilisiert. Durch diese Maßnahme wird eine hohe Symmetrie auch dann beibehalten, wenn die Emission einer Röhre auf weniger als die Hälfte sinkt.

Die Leistungen des Trennverstärkers NV 4 werden den am Anfang des Artikels aufgestellten Forderungen weitgehend gerecht.

Mit der in dem Trennverstärker NV 4 verwendeten Gegentakt-Cascodeschaltung konnte eine Empfindlichkeit zwischen 5 und 9 kT_0 im Betriebsbereich erreicht werden. Durch eine gleichzeitig vorhandene Spannungsverstärkung des gesamten Verstärkers, die zwischen 1 und 3 db liegt, wird die Rauschleistung des nachgeschalteten Empfängers so weit herabgesetzt, daß die Grenzempefindlichkeit des Trennverstärkers zusammen mit einem Empfänger kaum größer ist als die des Empfängers allein.

Bei einer Eingangs-EMK von je 70 mV liegen die Mischprodukte ($f_1 \pm f_2$) mehr als 80 db unter der Spannung, die 70 mV EMK am Eingang des Verstärkers auf der gleichen Frequenz ergeben würden. Die Mischprodukte aufgrund der Verzerrungen dritter Ordnung, nämlich ($2f_1 \pm f_2$) und ($2f_2 \pm f_1$), haben eine Größe, die um mindestens 100 db unter der

tion von -88 db ergeben. Da für die Modulationsübernahme in der Praxis ein so kleiner Wert völlig ohne Bedeutung ist, wird meist die Störsenderspannung angegeben, bei der 10% Modulationsübernahme auftritt. Die Rechnung würde für den Trennverstärker aufgrund der Spiegeltonmessung dafür 4 V Störsender-EMK ergeben. Bei so großen Spannungen ist jedoch der Einfluß der Verzerrungen höherer Ordnung nicht mehr zu vernachlässigen. Eine gesonderte Messung der Kreuzmodulation ist daher zweckmäßig. Die an dem Trennverstärker NV 4 gemessene Kreuzmodulation ist kleiner als 10% bei einer Antenneneingangs-EMK von 2,6 V.

Die Entkopplung der Ausgänge untereinander ist besser als 40 db, über den größten Teil des Frequenzbereiches liegt sie zwischen 50 und 60 db. Der Ausfall der Emission einer Röhre führt im ungünstigsten Fall zum Ausfall eines Empfängers. Die übrigen angeschlossenen Empfänger werden nur unwesentlich beeinflusst.

Der Trennverstärker NV 4 besitzt 6 Ausgänge, so daß mit einem Verstärker 6 Empfänger an einer Antenne betrieben werden können. Besteht die Notwendigkeit, mehr als 6 Empfänger an eine Antenne anzuschließen, so können aufgrund der geringen Rauschleistung und der sehr niedrig liegenden Verzerrungen ohne weiteres auch zwei Verstärker in Kaskade geschaltet werden. Wenn von dem ersten Verstärker 6 weitere Trennverstärker betrieben werden, können somit bis zu 36 Empfänger angeschlossen werden.

Der Antennentrennverstärker NV 4 ist in seinen Abmessungen sehr klein gehalten. Er kann je nach Wunsch für die deutsche Gestellnorm (520 mm Frontplattenbreite) oder für 19" Gestelle ausgeführt werden. Der Netzanschluß liegt ebenso wie die Verstärkerein- und -ausgänge an der Geräterückseite. An der Vorderseite des Trennverstärkers sind nur der Netzschalter, die Sicherungen und das Kontrollinstrument mit dem Kontrollschalter angeordnet. Mit dem Kontrollinstrument können die Anodenspannungen der Röhren und damit das ordnungsgemäße Arbeiten der Netzversorgung und die Arbeitspunkte der Verstärkerröhren überprüft werden. Die Verstärkerröhren sind nach der Abnahme einer perforierten Haube auswechselbar. Innerhalb des Gestelles werden die Verstärker an ihrer Frontplatte befestigt.

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß moderne Funkempfangsstellen ohne Antennentrennverstärker nicht mehr denkbar sind. Die Verzerrungsfreiheit der modernen Trennverstärker ist

so hoch, daß die Eigenschaften der Empfänger praktisch nicht verschlechtert werden. Auch bei solchen Empfangsstationen, die viele Kilometer von menschlichen Siedlungen entfernt sind, und bei denen Industriestörungen deswegen nur noch eine untergeordnete Rolle spielen können, liegt der Störpegel im Kurzwellenbereich so hoch, daß selbst eine geringfügige Empfindlichkeitsverschlechterung des Empfängers durch die Trennverstärker nicht zu spüren wäre. Bedenken gegen die Anwendung der Trennverstärker dürften daher auch in extrem störarm liegenden Empfangsstellen bei den modernen Breitbandverstärkern gegenstandslos sein.

K. Grabe

LITERATUR

- [1] J. Hacks: Kommerzielle KW-Empfangsanlagen mit Breitbandverstärker. Elektronische Rundschau 1956, S. 87-89.

Der Kurzwellenempfänger EK 07

Das Kernstück der Kurzwellenempfangstechnik in unserem Hause stellt der Empfänger Type EK 07 dar (Frequenzbereich 0,5...30,1 MHz). Bei diesem Gerät wurde eine moderne Form der Frequenzaufbereitung für den Empfängeroszillator gewählt. Zur Erzielung hoher Konstanz und Treffsicherheit bei einem KW-Empfänger gibt es ja grundsätzlich verschiedene Schaltungsarten. Die wohl älteste, die praktisch angewendet wird, besteht in der Wahl einer durchstimmbaren ZF in der Art, wie sie das Blockschaltbild, Bild 1 b im Gegensatz zum „klassischen“ Überlagerungsempfänger zeigt (Bild 1 a). Hier ist der erste Überlagerungszosillator, der die Konstanz des Empfängers im wesentlichen bestimmt, als Quarzoszillator ausgeführt, wobei gelegentlich für jeden Frequenzbereich von z. B. 1 MHz Bandbreite jeweils ein eigener Quarz zur Verfügung steht. Die erste Zwischenfrequenz ist demgemäß im Bereich von 1 MHz veränderlich, und erst ein in der zweiten Frequenzumsetzung vorhandener „Intervalloszillator“ bewirkt die Entstehung einer konstanten

zweiten Zwischenfrequenz. Der Nachteil dieses Konzeptes ist darin zu sehen, daß entweder die

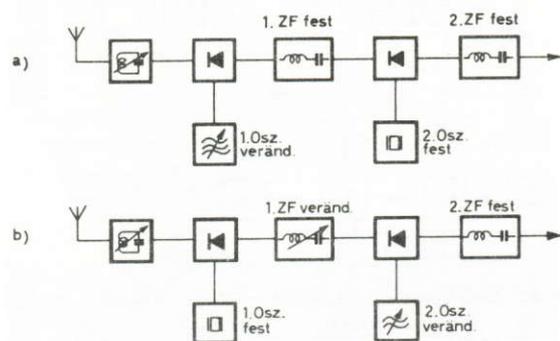


Bild 1 Doppelüberlagerungsempfänger mit a) fester und b) veränderlicher Zwischenfrequenz.

erste Zwischenfrequenz mit durchstimmbaren Selektionskreisen ausgestattet werden muß, oder daß die

Zwischenfrequenz eine große konstante Bandbreite haben muß. Die erste Alternative bedingt einen großen Aufwand – es wurden Empfänger mit 8 abgestimmten Schwingkreisen realisiert – die zweite hat zur Folge, daß die Gefahr von Kreuzmodulation durch Störsender innerhalb der großen ZF-Bandbreite erhöht wird.

Das Frequenzkonzept im Empfänger EK 07

Der Empfänger EK 07 verwendet daher ein Frequenzschema entsprechend der Blockschaltskizze Bild 2. Hier wird ein normaler Überlagerungsempfänger mit doppelter Umsetzung und zwei festen Zwischenfrequenzen benutzt. Die Konstanz und Treffsicherheit ist allein durch die Ausgestaltung des ersten Überlagerungsoszillators festgelegt. Die Frequenz dieses Oszillators wird aus den Harmonischen eines 3-MHz-Quarzoszillators und der Frequenz eines Intervalloszillators zusammengesetzt; der zweite Überlagerer besitzt ebenfalls die Frequenz des Quarzes. Um bei der Mischung der Quarzfrequenz und der Frequenz des Intervalloszillators keine Störungen durch Spiegelfrequenzbildung oder durch Mehrdeutigkeiten beim Mischvorgang zu haben, wird eine sogenannte Analyse-schaltung angewendet. Es ist hier ein freischwingender erster Oszillator vorhanden, welcher die endgültig verwendete Oszillatorfrequenz besitzt. Die Genauigkeit seiner Frequenz wird aber geprüft (analysiert). Dazu wird seine Frequenz mit Hilfe der Oberwellen des Quarzoszillators in den Frequenzbereich des Intervalloszillators herabgemischt und mit diesem in einer Phasenbrücke überlagert.

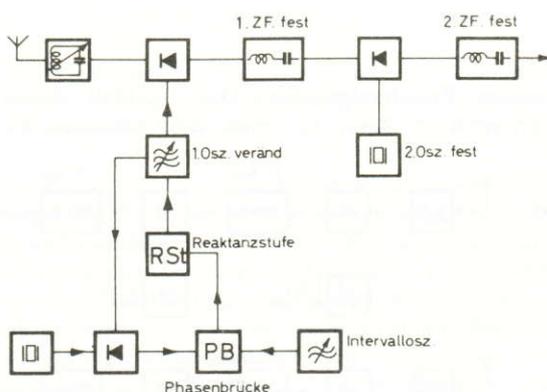


Bild 2 Doppelüberlagerungsempfänger mit erstem Oszillator hoher Frequenzkonstanz nach dem Analyseverfahren im EK 07.

Die Ausgangsspannung der Phasenvergleichsschaltung ist bei genauer Frequenzlage des Hauptoszillators eine Gleichspannung, die den ersten Oszillator auf seiner Sollfrequenz mit Hilfe einer Reaktanzstufe synchronisiert. Diese Schaltungs-

technik ist inzwischen allgemein gebräuchlich und hat den Vorteil eines einfachen Aufbaues bei gleichzeitiger guter Befreiung von Störfrequenzen, da diese in einem Tiefpaß auf der Regelleitung beseitigt werden können.

Der Erfolg des Empfängers EK 07 in der Praxis und seine Beliebtheit bei den Funkern ist wahrscheinlich vor allem auf seine zweckmäßig ausgestattete Skala und auf die günstige Wahl der Bereichsbreite zurückzuführen. Darauf wird im folgenden noch näher eingegangen.

Die Frequenzbereiche im Empfänger EK 07 sind, wenn man den eigentlichen Kurzwellenbereich von 3 bis 30 MHz betrachtet, in 9 Intervalle von 3 MHz Breite aufgeteilt. Der Intervalloszillator, der ja neben den Quarzharmonischen die Konstanz bestimmt, hat daher ebenfalls eine Variation von 3 MHz.

Dieser Oszillator ist nun so aufgebaut, daß er einen streng linearen Frequenzgang besitzt. Das hat zur Folge, daß die Frequenzskala des Empfängers in eine Grob- und eine Feinskala aufgeteilt werden kann, und zwar so, daß jeweils dem Fortschreiten des Zeigers auf der Grobskala um 100 kHz eine ganze Umdrehung der Feinskala entspricht. Die Feinskala macht also beim Überstreichen eines 3-MHz-Bereiches insgesamt 30 Umdrehungen. Praktisch bedeutet dies eine Skalenauflösung von 300 Hz/mm und eine gesamte Skalenlänge des Empfängers von etwa 100 Metern. Die Ablesegenauigkeit, die ja eine Voraussetzung für die Treffsicherheit ist, wird damit gewährleistet. Die zusätzlich erforderliche Konstanz und Treffsicherheit des Intervalloszillators ist dadurch leichter zu erreichen, daß seine Frequenz nicht umgeschaltet zu werden braucht, sondern immer das gleiche Intervall, hier speziell von 3,4 bis 6,4 MHz, überstreicht. Der Oszillator ist in einem stabilen Gußgehäuse aufgebaut, und der ursprünglich schon frequenzlineare Schnitt des Drehkondensators wird durch eine zusätzliche Kreisplatte am Drehkondensator korrigiert. Der der Kreisplatte gegenüberstehende Teil des Stators am Drehkondensator besitzt auf seinem Umfang 30 fein verstellbare Schrauben, die der Rotorplatte mehr oder weniger genähert werden können. Dadurch ist es möglich, jeweils von 100 kHz zu 100 kHz den Frequenzgang des Drehkondensators genau zu justieren, so daß geringfügige Fertigungstoleranzen beim Drehkondensator ausgeglichen werden können (Bild 3). Der Oszillator besitzt eine eingebraute Keramikspule. Der Rotor des Drehkondensators ist um einen kleinen Betrag aus der Mittelstellung der Statorplatten dejustiert. Bei der Temperaturexpansion des Drehkondensators kompensiert die relative Verschiebung des Abstandes der Rotorplatten von den Statorplatten den natürlichen Temperaturkoeffizienten des Metalles.

Der Intervalloszillator ist hermetisch dicht. Der Deckel des ihn umgebenden Gußgehäuses sowie

die Durchführungen der Zuleitungen sind luftdicht abgeschlossen. Der Innenraum des Gußgehäuses wird außerdem durch eine mit Silikagel gefüllte Patrone getrocknet. Dies hat sich als erforderlich herausgestellt, da Schwankungen der Luftfeuchtigkeit zunächst einmal das Dielektrikum im Drehkondensator verändern und weiterhin ein etwaiger Feuchtigkeitsbelag auf den Keramikachsen des Drehkondensators und auf der Spule in Verbindung mit Schmutzteilchen undefinierte Blindstromänderungen bewirkt, die ebenfalls in Abhängigkeit vom Grad der Feuchtigkeit Frequenzverwerfungen bedeuten.

Alle diese Maßnahmen zusammen lassen eine Treffsicherheit des Empfängers zwischen 500 und 1000 Hz erreichen, ohne daß man die Skala nacheichen muß. Hieran schließt sich die Frage, welcher Wert für die Treffsicherheit bei Kurzwellenbetrieb zweckmäßig und erforderlich ist? Zunächst muß klar die Aufgabe des Empfangsgerätes unterschieden werden. Besteht einerseits die Aufgabe im wesentlichen darin, den Sender einwandfrei zu identifizieren, und verlangt man dann vom Betriebsmann, daß er an seinem Empfänger oder an den zusätzlich vorhandenen Demodulationseinrichtungen die optimale Abstimmung von Hand einstellt, so sind Werte der Treffsicherheit zwischen 500 und 1000 Hz zweckmäßig und ausreichend. Besteht andererseits die Aufgabe, die Geräte nur nach der Skala einzustellen und dann ohne zusätzliches Zutun auch Einseitenbandsendungen ganz ohne Träger und Wechselstrom-Telegrafie-System einwandfrei zu demodulieren, so sind je nach den Anforderungen, die man stellen will, Werte zwischen 10 und 50 Hz erforderlich (siehe Heft 9, Seite 8). Bei den hier genannten Zahlen 10 bis 50 Hz ist nicht an die Übertragung von Musik im Einseitenbandbetrieb gedacht (siehe H. 9, S. 8), die nur selten vorkommt und meist auch über Verbindungen mit Trägerrest oder mit vollem Träger durchgeführt wird. Es wird vielmehr auf die Übertragung von Sprache im Einseitenbandbetrieb oder auf die Justierung von Telegrafie-Systemen, besonders von Wechselstrom-Telegrafie-Systemen, Bezug genommen, die eine Treffsicherheit und Konstanz innerhalb des genannten Bereiches erfordert.

Nach dem oben Gesagten ist es daher einerseits unzureichend, Treffsicherheitswerte von etwa 100 bis 250 Hz anzustreben, weil sie einerseits für die zuerst genannte Aufgabe zu gut sind und damit einen zu hohen Aufwand erfordern, während sie für den anderen genannten Zweck des Einseitenbandempfanges ohne Träger nicht ausreichen und die Nachjustierung des Empfangsgerätes durch einen geschickten Betriebsmann nicht ersparen. Während der hier beschriebene Verkehrsempfänger EK 07 im wesentlichen die heute noch am häufigsten vorkommende erste Aufgabe erfüllen soll, sind in einem späteren Artikel der Empfänger EK 11 (H. 9, S. 10) und im Zusammenhang damit auch die Kurzwellenüber-

wachungsanlage NK 701 (H. 9, S. 13) beschrieben, die die zweite Aufgabe in besonders günstiger Weise lösen können.

An dieser Stelle ist auf einen Punkt hinzuweisen, der dabei nicht übersehen werden darf. Extrem hohe Treffsicherheit erfordert, wie sich zwangsläufig ergibt, eine extrem ausgedehnte Skala bzw.

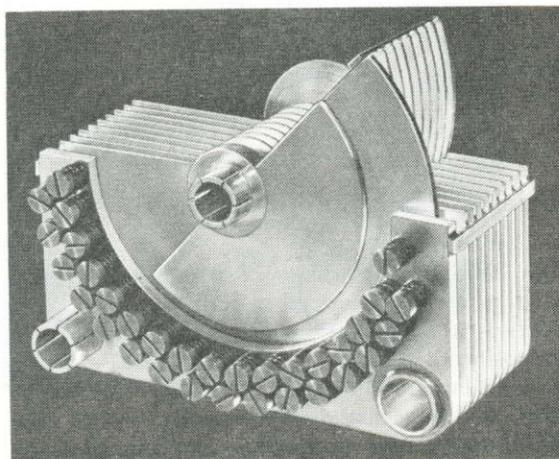


Bild 3 Drehkondensator mit Korrektur des frequenzlinearen Kapazitätsverlaufes. 6017

eine stark aufgeteilte Skala. Solche Empfänger werden daher für den Suchempfang nicht geeignet sein, weil sie immer nur einen sehr kleinen Teil des Frequenzbereiches überstreichen können. Beim später beschriebenen Empfänger EK 11 mit seiner Treffsicherheit von 10 Hz ist dies z. B. ein Intervall von



Bild 4 Frequenzbandüberwachung mit dem Empfänger EK 07 und dem Registriergerät der Fa. Huber. Das Zusatzgerät rechts im Bild erlaubt, beim automatischen Absuchen eines Bereiches die Regelspannung des Empfängers in 10 Stufen umzuschalten, so daß neben der Frequenzregistrierung auch eine Amplitudenbewertung erfolgt. 8080

nur 10 kHz. Der Empfänger EK 07 eignet sich dagegen besonders gut für die Überwachung, da seine Skala trotz relativ hoher Treffsicherheit den großen Frequenzbereich von 3 MHz zu überstreichen gestattet. Damit eignet er sich auch für die automatische Frequenzüberwachung, wie sie z. B. zusammen mit einem Schreiber der Firma Huber (Bild 4) durchgeführt werden kann. Hier zeigt es sich noch einmal, wie ungünstig es ist, Treffsicherheitswerte zwischen 100 und 250 Hz anzustreben, da diese Geräte meist auch nur kleine durchstimmbare Bereiche besitzen und daher für Überwachungszwecke schlecht oder gar nicht geeignet sind.

Selektion und Empfindlichkeit

Die weiteren Eigenschaften des Empfängers EK 07 sind rascher zu beschreiben, da sie sich aus der klaren Schaltungskonzeption als Empfänger mit doppelter Überlagerung und konstanter ZF ergeben. Es sind insgesamt 3 abgestimmte Schwingkreise in den Hochfrequenzstufen vorhanden, wobei zwei der Schwingkreise unmittelbar am Eingang angeordnet sind. Dies hat den Vorteil, daß auch in der Nachbarschaft von stärkeren Sendern empfangen werden kann. So ist es z. B. möglich, bis zu 10 V Störsenderspannung am Eingang zuzulassen, wenn der relative Frequenzabstand vom Störsender zum

Eigenrauschen des Empfängers selbst nicht durch die von der Antenne aufgenommene Rauscheinstrahlung übertroffen wird. Praktisch unterscheidet sich hier der Kurzwellenbereich ganz erheblich von den VHF- und UHF-Frequenzen. Messungen haben ergeben, daß in Großstädten Störstrahlungen, die kleineren Rauschzahlen als 500 entsprechen, selten vorkommen. Selbst in ausgezeichneten Empfangsanlagen, also weit ab von größeren Ansiedlungen, ist das durch Gewitterstörungen herührende atmosphärische Rauschen im Kurzwellenbereich so groß, daß Werte unter 50 kT_0 kaum gemessen werden. Es hat daher keinen Sinn, die Rauschzahl eines KW-Empfängers wesentlich unter den Wert von 10 kT_0 zu treiben, wenn man nicht in Spezialfällen mit extrem langen Antennenzuleitungen arbeiten muß. In diesen Fällen würden nämlich Antennensignal und Antennenrauschen so stark gedämpft werden, daß der Rauschanteil schließlich in die Größenordnung des Empfängereigenrauschens käme. Es handelt sich dabei allerdings tatsächlich um einen extremen Fall, der überhaupt nur bei der Anwendung von besonders hochwertigen Antennen mit starker Richtwirkung sinnvoll ist.

Die Spiegelselektion des Gerätes ist durch die drei abgestimmten HF-Kreise hoch und besitzt Werte > 70 db in den unteren und > 80 db in den höheren Frequenzbereichen. Die größeren Werte kommen dadurch zustande, daß der Empfänger in den Bereichen oberhalb von 6 MHz mit doppelter Fre-

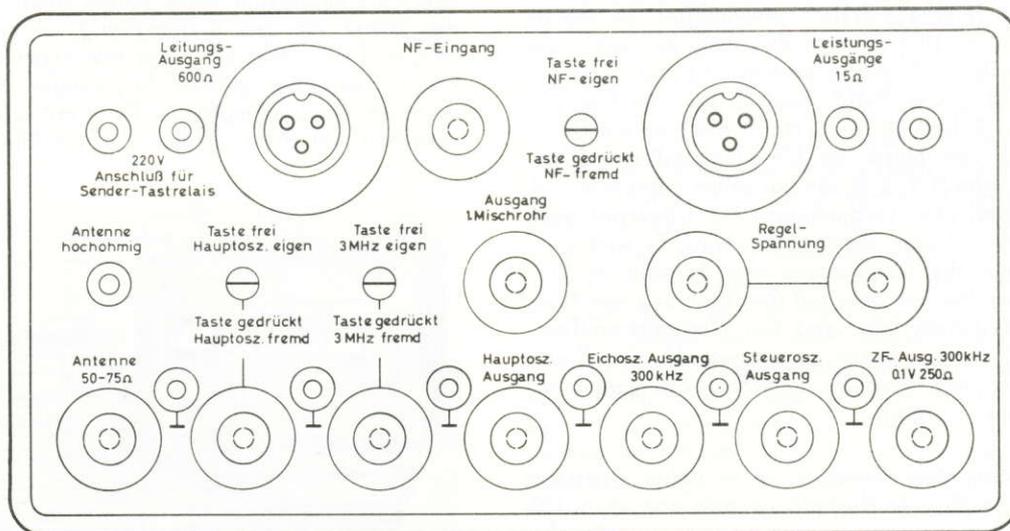


Bild 5 Anschlußpaneel auf der Geräterückseite mit den verschiedenen Ein- und Ausgängen für die Oszillatorfrequenzen.

Nutzsender 10% oder mehr beträgt. Die Empfindlichkeit des Empfängers wird durch die beiden Schwingkreise am Eingang nur unwesentlich beeinflusst, sie liegt im ganzen Bereich unter 10 kT_0 . Allgemein gilt, daß eine Steigerung der Empfängerempfindlichkeit nur dann einen Sinn hat, wenn das

quenzumsetzung und einer ersten Zwischenfrequenz von 3,3 MHz arbeitet, während unterhalb von 6 MHz nur die zweite Zwischenfrequenz von 300 kHz verwendet wird. Am Eingang der zweiten Zwischenfrequenz ist die Hauptselektion angeordnet. Die in 6 Stufen zwischen den Werten $\pm 0,15$ bis $\pm 0,6$ kHz



Bild 6 Frontansicht.

7671

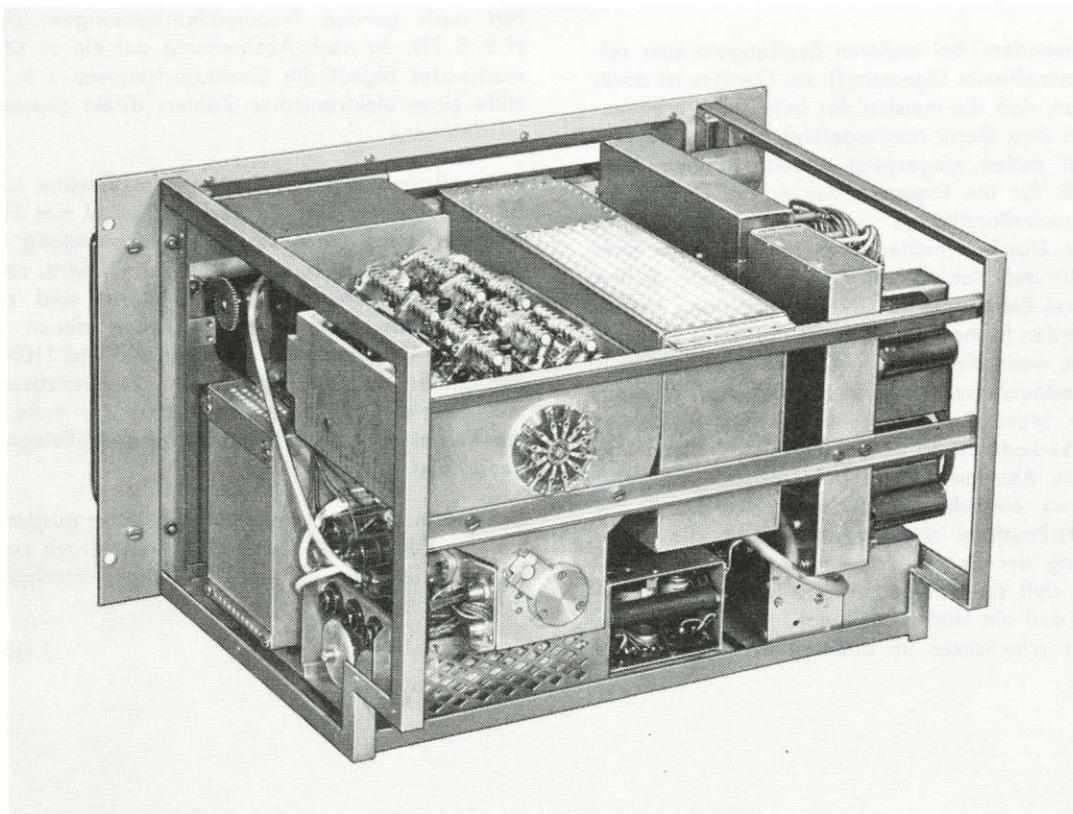


Bild 7 Blick ins Innere des Gerätes bei geöffnetem Spulenrevolver.

4445

umschaltbare Bandbreite wird durch insgesamt 8 Schwingkreise gebildet, was die hohe erforderliche statische Selektion ergibt.

Der Empfänger besitzt eine sehr wirksame automatische Amplitudenregelung, so daß Signale zwischen $0,7 \mu\text{V}$ und 100 mV Eingangsspannung am Ausgang um nicht mehr als 3 db schwanken.

drückt“, um zu verhindern, daß im schlechteren Kanal das Rauschen heraufgeregt wird. Bild 5 zeigt das Anschlußpaneel auf der Rückseite des Gerätes. Man erkennt, daß unter anderem auch die erste Mischstufe zugänglich ist, so daß für Messungen die Hochfrequenzstufen mit ihrer Selektion umgangen werden können.

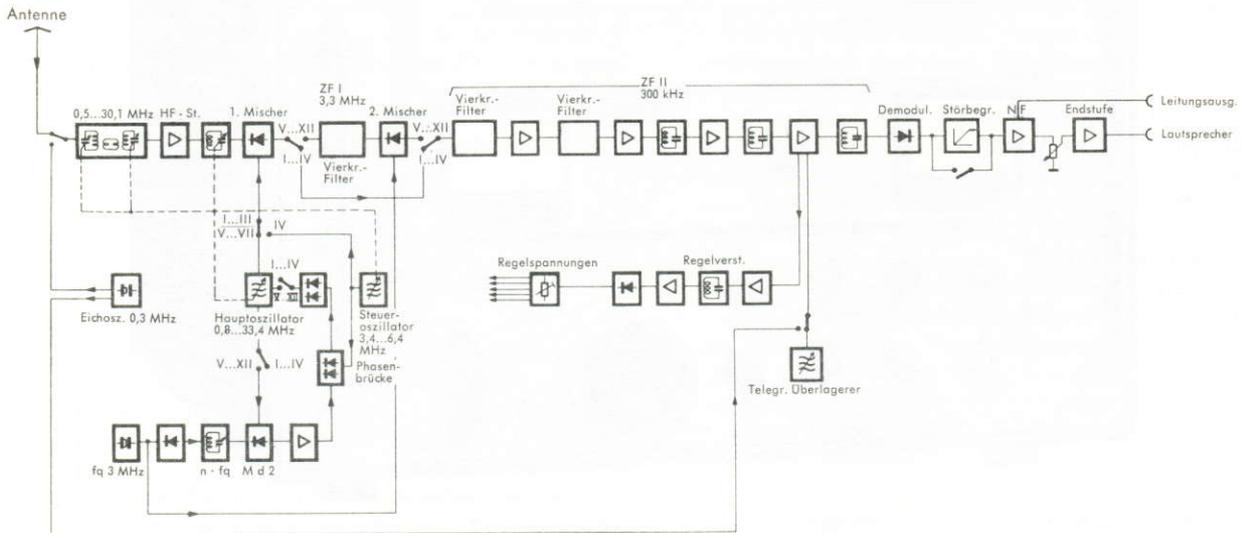


Bild 8 Blockschaltbild des Empfängers EK 07.

Einrichtungen zur Betriebsüberwachung

Eine besondere, bei anderen Empfängern sehr selten anzutreffende Eigenschaft des Gerätes ist darin zu sehen, daß die meisten der beteiligten Frequenzen aus dem Gerät herausgeführt bzw. in das Gerät von außen eingespeist werden können. Dies gilt z. B. für die Frequenz des ersten Oszillators, des Intervalloszillators und des 3-MHz-Grundquarzes. Das hat meßtechnisch Vorteile, kann aber auch für den Betrieb von Bedeutung sein. Sollen z. B. zwei Empfänger in Diversity-Schaltung betrieben werden (siehe auch Seite 33), so ist es sehr angenehm, wenn die Empfänger von nur einem Oszillator gesteuert werden können. Es bilden sich dann nämlich identische Zwischenfrequenzen in beiden Verstärkerkanälen, so daß die Ablöseschaltung und auch die Abstimmanzeige bei Telegrafie-Empfang besonders einfach ausgeführt werden kann. Bei Diversity-Empfang ist es auch notwendig, die Regelspannung der beiden Empfänger zusammenzufassen, so daß sie sich gegenseitig ablösen; das bedeutet, daß ein stärkeres Signal in einem Empfänger das schwächere im anderen Empfänger „tot-

Das Herausführen der Oszillatorfrequenzen erleichtert auch genaue Frequenzfernmessungen (siehe H. 9, S. 19), da nach Abstimmung auf ein zu überwachendes Signal die Oszillatorfrequenz z. B. mit Hilfe eines elektronischen Zählers direkt gemessen werden kann.

Das vollständige Blockschaltbild des Gerätes ist in Bild 8 zu sehen. Der Niederfrequenzteil des Empfängers besitzt einen festen Leitungsausgang von 600Ω , dessen Spannung fest eingestellt wird, sowie einen Leistungsausgang von 2 W. Es sind zwei Kopfhöreranschlüsse vorhanden, von denen der eine eine Durchlaßbreite zwischen 800 und 1100 Hz, der andere dagegen den ganzen Frequenzbereich von 40 bis 6000 Hz umfaßt, wobei der erste für die Verbesserung des Empfanges bei A_1 -Telegrafie gedacht ist.

Das Gerät ist mit kommerziellen Röhren ausgestattet. Eine Röhrenkontrolle durch Instrument mit einem Überwachungsschalter in 22 Stellungen vereinfacht die Fehlersuche.

J. Hacks

Ein universeller Demodulator für Telegrafiesendungen

Die erste drahtlose Nachrichtenübertragung, die überhaupt durchgeführt werden konnte, war eine Telegrafieübertragung. Bis nach dem ersten Weltkrieg wurde für die Funktechnik das bekannte Morsealphabet benutzt. Der Nachteil dieses Alphabetes ist neben der relativ langsamen Übertragungsgeschwindigkeit, daß es nur von geübten Personen gesendet und empfangen werden kann. Erst als es gelang, durch automatische Schreibgeräte, wie den Hell- oder den Springschreiber, die Nachrichtenüber-

kanäle über einen Hochfrequenzkanal betrieben werden können. (Aufzählung aller gebräuchlichen Modulationsarten siehe Heft 9, Seite 23).

Auf festen Verbindungsstrecken, über die ständig eine große Zahl von Telegrafienachrichten auf mehreren Kanälen übertragen werden muß, hat sich die Wechselstromtelegrafie mit Einseitenbandmodulation eingeführt. Diese als WT-System vor allem aus der leitungsgebundenen Telegrafie her



Bild 1 Ansicht des Telegrafiedemodulators NZ 07.

12108

tragung weitgehend selbsttätig ablaufen zu lassen, hat der Telegrafiebetrieb auf drahtlosen Verbindungsstrecken eine immer mehr zunehmende Bedeutung erlangt. Die ersten Übertragungen wurden mit Hilfe amplitudengetasteter Modulation vorgenommen, die unter dem Begriff A1 bekannt geworden ist. Mit der Einführung der Springschreiber wurde wegen der hauptsächlich apparativ bedingten Vorteile immer mehr die Frequenzumtastung (also F1) benutzt. Dazu ist als weitere Modulationsart die Zweikanalmodulation mit Frequenzumtastung getreten, für die die Bezeichnung F6 gewählt worden ist. Speziell diese Modulationsart hat den Vorteil, daß mit einem geringen apparativen Mehraufwand auf der Sende- und Empfangsseite zwei Telegrafie-

bekannte Übertragungsart erfordert auf der Sende- und Empfangsseite umfangreiche Anlagen. Diese Art der Telegrafieübertragung wird hier nicht in die Betrachtung einbezogen.

Anforderungen an einen Telegrafie-demodulator

Kurzwellenempfänger sind im allgemeinen nur für die Demodulation von amplitudenmodulierten Sendungen eingerichtet. Außerdem kann man an sie nicht direkt Fernschreibmaschinen oder andere Telegrafiegeräte anschließen. Ein Telegrafiedemodula-

tor hat daher eine zweifache Aufgabe zu erfüllen: Er muß einmal, ausgehend von der ZF des Empfängers, die in der Frequenz umgetasteten Sendungen demodulieren, zum anderen muß er das demodulierte Signal in einem Tastgerät so umformen, daß die üblichen Telegrafiegeräte, wie z. B. Rekorder, Springschreiber, Hellschreiber oder Wetterkartenmaschinen, direkt angeschlossen werden können, ohne daß weitere Geräte dazwischen geschaltet werden müssen.

Obwohl der Telegrafie-Empfang, abgesehen von den WT-Systemen, sich fast nur noch mit Hilfe der beiden Modulationsarten F1 und F6 abspielt, muß ein Telegrafiedemodulationsgerät sehr anpassungsfähig sein, wenn es nicht nur für die Verwendung in einer einzigen bestimmten Nachrichtenverbindung mit einer bekannten Gegenstation geeignet sein soll. Der Frequenzhub ist bei F1 völlig willkürlich, wenn auch gewisse Richtlinien vorliegen, und auch bei F6 gibt es entsprechend den CCIR-Empfehlungen noch vier unterschiedliche Hübe. Die in weiten Grenzen wechselnde Tastgeschwindigkeit bildet zusammen mit den Forderungen, die die verschiedenen Telegrafiegeräte, Hellschreiber oder Wetterkartenmaschinen stellen, eine große Anzahl verschiedener Kombinationen an Betriebssituationen. Wie in einem besonderen Aufsatz noch genauer gezeigt werden wird, ist eng mit dem Telegrafie-Empfang der Diversity-Betrieb verbunden, da nur hierbei im Gegensatz zu Einseitenband- und A3-Sendungen der Diversity-Empfang eine merkliche Verbesserung bewirkt (siehe Seite 30). Es erscheint daher vernünftig, alle für einen Diversity-Betrieb erforderlichen zusätzlichen Schaltungen mit in einen Telegrafiedemodulator aufzunehmen. Die verschiedenen Diversity-Betriebsarten erhöhen jedoch noch einmal die Vielfalt der möglichen Kombinationen.

Weiterhin soll ein Telegrafiedemodulator nicht nur in Verbindung mit einem bestimmten Empfängertyp arbeiten, er soll vielmehr durch geringfügige Anpassungsmaßnahmen, die auch vom Benutzer durchgeführt werden können, an alle gebräuchlichen Empfänger anschließbar sein.

Die Anpassungsfähigkeit des R & S-Telegrafiedemodulators NZ 07

Der R & S-Telegrafiedemodulator NZ 07 (Bild 1), kann allen bisher genannten Forderungen weitgehend gerecht werden. Trotz seiner universellen Verwendbarkeit aufgrund der auf Seite 27 beschriebenen Wirkungsweise sind seine Empfangsleistungen praktisch ebenso gut, als wenn das Gerät nur für einen Frequenzhub, für eine spezielle Tastart und eine einzige Diversity-Betriebsart entwickelt worden wäre.

Die Anpassungsfähigkeit an die verschiedenen Frequenzhübe wird dadurch erreicht, daß zunächst nach einem Begrenzer, der alle Amplitudenschwan-

kungen bis zu 50 db ausgleicht, ein über $\pm 1,5$ kHz breiter Frequenzdiskriminator von der ZF angesteuert wird, der die Momentanfrequenz linear in einen entsprechenden Gleichspannungswert umsetzt. Durch den über die gesamte Bandbreite der empfangenen Signale linearen Diskriminator in Verbindung mit dem stark wirksamen Begrenzer findet ausschließlich eine Bewertung der Frequenz des Signales statt. Die Unterscheidungen zwischen den Frequenzlagen erfolgen durch die Ansprechschwelen von drei Kippschaltungen, die Kanaltrennung bei F6 durch eine sogenannte logische Verknüpfung dieser Kippschaltungen. Der Angleich an den Hub, der jedoch bei F1 nur für die Einstellung der Frequenzregelung, nicht aber für die Demodulation erforderlich ist, geschieht relativ einfach durch ohmsche Spannungsteiler.

Die Anpassungsfähigkeit an die verschiedenen nachgeschalteten Telegrafiegeräte wird dadurch erreicht, daß für jeden Kanal zwei parallel angesteuerte, aber unterschiedlich aufgebaute Tastgeräte vorgesehen sind. Das eine davon übernimmt die Gleichstromtastung; es besitzt ein eigenes erdfreies Ortsstromgerät und ist umschaltbar auf Einfachstrom- und Doppelstromtastung. Das zweite Tastgerät ist für die Tontastung vorgesehen, und kann zwischen den beiden Frequenzen 1,5 und 5 kHz umgeschaltet werden. Insgesamt sind somit 4 Tastgeräte vorhanden, von denen jedes unabhängig von den anderen in der Amplitude des Stromes bzw. der Tonfrequenzspannung und in seiner Polarität eingestellt werden kann. Außerdem kann – ebenfalls unabhängig von den anderen Tastgeräten – die Tastung unterbrochen werden. Es ist somit möglich, die Nachrichten z. B. als Tontastung über eine Telefonleitung zu schicken und außerdem eine Mitlesemaschine anzuschließen, die unabhängig von der Tontastung auch ausgeschaltet werden kann.

Die Anpassungsfähigkeit an die Diversityarten wird durch die als gesonderte Einschübe aufgebauten ZF-Teile ermöglicht, die gleichzeitig alle notwendigen Einrichtungen für die Diversity-Umschaltung und für die Gewinnung des Umschaltkriteriums enthalten. Die Einschübe können ohne sonstige Änderung an dem Gerät gegeneinander ausgetauscht werden, lediglich in den Gerätestahlkästen müssen die Anschlußrahmen mit ausgewechselt werden, die alle notwendigen Buchsen zur Verbindung mit den übrigen Geräten enthalten. Im Gestelleinbau können die ZF-Einschübe für Antennen- und Frequenzdiversity auch ohne jede Änderung der Gegenstücke im Gestell ausgetauscht werden.

Die Anschlußmöglichkeit an verschiedene Empfängertypen wurde durch die Wahl einer eigenen Zwischenfrequenz des Telegrafiedemodulators erreicht. Es braucht daher lediglich die Frequenz des zur Umsetzung in die eigene ZF notwendigen Überlagersers geändert zu werden, um sich an die Zwischenfrequenz des vorgeschalteten Empfängers anpassen zu können. Der Überlagerungsoszillator ist

außerdem so ausgebildet, daß immer zwischen zwei Empfänger-Zwischenfrequenzen durch die Betätigung eines Schalters innerhalb des Gerätes gewechselt werden kann.

Frequenzregelung

Bei Telegrafie-Empfang mit Frequenzumtastung ist es für die Verzerrungsfreiheit der demodulierten Telegrafiezeichen sehr wichtig, daß die Lage der sich aus den Umtastfrequenzen am Ausgang des Diskriminators bildenden Umtastspannungen zu den Ansprechschwellen der Kippschaltungen sehr genau eingehalten wird. Bei einem Hub von ± 200 Hz z. B. können schon Änderungen, die 50 Hz entsprechen, das Empfangsergebnis merklich beeinträchtigen; da andererseits weder auf der Sende- noch auf der Empfangsseite bei längeren Betriebszeiten diese Konstanz gesichert ist, muß in einem Demodulationsgerät dafür gesorgt werden, daß Frequenzänderungen ausgeglichen werden. Im allgemeinen ist jedoch kein Zugriff zu den Überlagerungsschwingungen des vorgeschalteten Empfängers vorhanden, durch den sich die Frequenz elektrisch beeinflussen ließe. Die Regelung muß daher innerhalb des Demodulators erfolgen.

Im NZ 07 geschieht die Regelung durch eine erweiterte Zweipunktregelung, die bei F1 auf die dem Trennschritt zugeordnete Umtastfrequenz anspricht. Bei F6 wird die Frequenz zur Regelung herangezogen, die „Trennschritt auf beiden Kanälen“ bedeutet. Ein scheinbarer Nachteil dieses Verfahrens, das nur eine Frequenz zur Gewinnung des Regelkriteriums verwendet, ist der, daß die Regelung versagt, wenn ein Sender einmal auf „Zeichenschritt“ (bei F6 auf einer der Frequenzen f_2 bis f_4) liegen bleiben sollte. Die Regelung würde auswandern und erst zurücklaufen, wenn wieder ordnungsgemäß getastet wird. Ein solcher Fall stellt aber eindeutig einen Fehler des Senders dar. Es würden auch die angeschlossenen Telegrafiergeräte ausfallen; die Fernschreiber würden durchlaufen, eine Mux-Anlage außer Tritt fallen, eine Wetterkartenmaschine eine schwarze Fläche schreiben. Die Erfahrung zeigt, daß mit einem solchen Fall nicht gerechnet zu werden braucht und daß zusätzliche Maßnahmen dagegen nur eine Erschwerung in den Empfangsgeräten bedeutet.

Durch die Anwendung des Prinzips der Zweipunktregelung ließ sich ein Verfahren finden, das einfach auf die verschiedenen Hübe eingestellt werden kann und bei dem es vor allen Dingen möglich war, das Regelkriterium von dem gleichen Diskriminator abzuleiten, das auch die Signalspannungen für die Demodulation liefert. Unterschiedliche Temperaturgänge und Alterungstendenzen, wie sie leicht auftreten können, wenn Regelkriterium und Demodulation in zwei getrennten frequenzabhängigen Einrichtungen gewonnen werden, und die bei der ge-

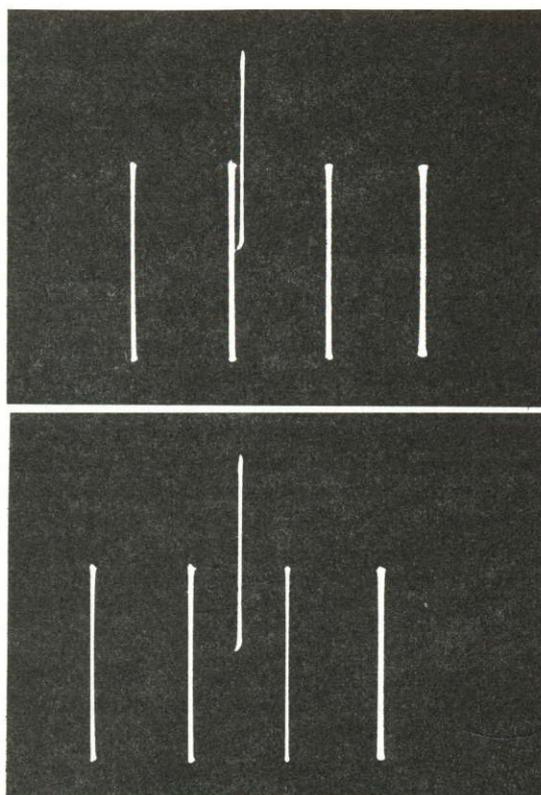


Bild 2 Abstimmanzeige im Telegrafiedemodulator NZ 07. Die Ansprechschwelle, an der bei F1 zwischen Trenn- und Zeichenschritt unterschieden wird, wird zusammen mit den Tastfrequenzen abgebildet. Oberes Bild: Abstimmung falsch; unteres Bild: Abstimmung richtig. 12342

forderten Regelgenauigkeit die Regelung überhaupt in Frage stellen könnten, sind somit bei diesem Verfahren ohne Bedeutung.

Abstimmanzeige und Betriebskontrolle

Wie in dem vorhergehenden Abschnitt gesagt wurde, muß die Lage der Umtastfrequenzen zu den Demodulationseinrichtungen genau eingestellt werden, um möglichst kleine Telegrafieverzerrungen zu erzielen. Es ist daher eine leicht überschaubare Abstimmanzeige erforderlich. Für Telegrafiedemodulatoren hat sich zu diesem Zweck die Anzeige auf einem Oszillografenrohr eingeführt, bei der die 2 bzw. bei F6 die 4 Umtastfrequenzen als senkrecht stehende Balken sichtbar gemacht werden und die bei der Abstimmung des Empfängers oder des Demodulators in horizontaler Richtung als „Balkengruppe“ über den Schirm wandern. Die richtige Abstimmung wird erreicht, wenn diese Gruppe symmetrisch zu einer meist mechanisch angebrachten Mittelmarkierung steht, die der Lage der Ansprechschwelle entsprechen soll, an der bei F1 zwischen Trennschritt und Zeichenschritt unterschieden wird. Diese mechanisch angebrachte Marke hat jedoch den Nachteil, daß irgendwelche Veränderungen

innerhalb des Oszillografenteiles mit seinen Verstärkern sofort auch die richtige Abstimmung in Frage stellen.

Deswegen wird bei dem Telegrafiedemodulator NZ 07 diese Mittelmarke, wie das Bild 2 zeigt, elektronisch eingeblendet, wobei ihr Wert elektrisch von der Ansprechschwelle hergeleitet wird. Auf diese Weise ist eine vollständige Unabhängigkeit der Genauigkeit der Abstimmmanzeige von den momentanen Betriebseigenschaften des Oszillografen erreicht.

Das Oszillografenrohr der Abstimmmanzeige und deren Verstärker werden noch durch ein einfaches Kippgerät ergänzt, wodurch ein kompletter kleiner Oszillograf entsteht, mit dem mehrere Kontrollpunkte des ganzen Demodulators, wie z. B. der ZF-Verstärker und die Taststufen, überprüft werden können.

Betriebsarten

Die folgende Darstellung zeigt die Betriebsarten, die mit dem Telegrafiedemodulator NZ 07 möglich sind.

A1 Amplitudengetastete Telegrafie mit allen gebräuchlichen Tastgeschwindigkeiten. Der Sinn der Anwendung des Demodulators NZ 07 bei A1 liegt darin, daß die zusätzlichen Selektionsmittel, die speziell auf Telegrafie-Empfang zugeschnitten sind, sowie die Gleichstrom- und Tontastgeräte verwendet werden können.

F1 Frequenzumgetastete Telegrafie mit einem Frequenzhub kontinuierlich zwischen ± 50 Hz und $\pm 1,5$ kHz. Bei Veränderung des Hubes muß lediglich die Frequenzregelung neu eingestellt werden. Für Überwachungszwecke ist bei häufigem Senderwechsel eine Neueinstellung überhaupt nicht notwendig, da dann die Anwendung der Frequenzregelung nicht sinnvoll wäre. Die Tastgeschwindigkeit ist maximal 4000 Bd. Nach der Demodulation ist ein in neun Stufen umschaltbarer Tiefpaß vorgesehen, der optimal an die Tastgeschwindigkeit angepaßt werden kann.

F6 Frequenzumgetastete Zweikanaltelegrafie (Twinkplex oder Duplex). Die Demodulation erfolgt nach dem heute ausschließlich angewendeten internationalen Code 2, der nach dem folgenden Schema aufgebaut ist:

Frequenz	f_1	f_2	f_3	f_4	
Kanal A	T	T	Z	Z	(T = Trennschritt, Z = Zeichenschritt)
Kanal B	T	Z	T	Z	

Der Hub ist einstellbar auf
 3 x 200 Hz
 3 x 400 Hz (der meistbenutzte Hub)
 3 x 500 Hz
 3 x 1000 Hz

Die Umschaltung des Hubes erfolgt am Betriebsartenschalter. Eine weitere Umschaltung oder ein neuer Abgleich sind nicht notwendig. Die Tastgeschwindigkeit reicht bei phasengeordneten Sendungen bis 4000 Bd. Praktisch werden jedoch höchstens 2×200 Bd verwendet und somit ohne Schwierigkeiten verarbeitet.

Die Tastgeschwindigkeit ist nicht nur durch die Leistungsfähigkeit der Demodulation und der Tastgeräte, sondern auch durch die ZF-Bandbreite der vorgeschalteten Empfänger und des ZF-Teiles des Telegrafiedemodulators selbst bestimmt. Die mindestens für ein Umtastsignal erforderliche Bandbreite B kann mit einer für die Praxis genügenden Genauigkeit mit

$$B = H + T$$

angegeben werden. Dabei ist H der gesamte Hub, T die Tastgeschwindigkeit in Baud = Bit/sec. Die angegebene max. Tastgeschwindigkeit kann bei der ZF-Bandbreite von ± 2 kHz = 4 kHz des Demodulators NZ 07 nur bei einem sehr kleinen Hub er-

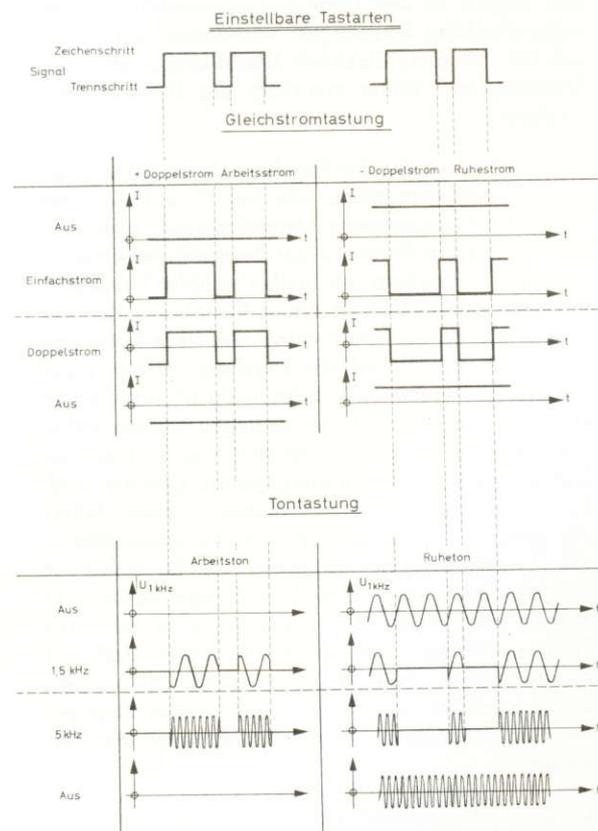


Bild 3 Gleichstrom- und Wechselstromtastung. Diese Tastarten können mit dem Telegrafie-Demodulator NZ 07 unabhängig voneinander eingestellt werden.

reicht werden, und auch nur dann, wenn der vorgeschaltete Empfänger keine zusätzliche Eingengung verursacht. Bei einem Hub von z. B. 3×400 Hz (F6) wäre die max. Tastgeschwindigkeit $4000 - 1200 = 2800$ Bd.

Die Tastarten

Über die einstellbaren Tastarten für den direkten Anschluß der Telegrafiegeräte oder einer Leitung soll das Bild 3 eine Übersicht vermitteln. Im einzelnen können folgende Tastarten eingestellt werden:

1. Tontastung 1,5 kHz oder 5 kHz, umschaltbar zwischen Arbeits- und Ruhetontastung mit einer regelbaren Ausgangsspannung von max. $3 V_{eff}$ an 600Ω .
2. Gleichstromtastung umschaltbar zwischen Einfachstrom- und Doppelstromtastung mit einem regelbaren Ausgangsstrom von max. 60 bzw. ± 30 mA, wobei die Einfachstromtastung zwischen Arbeits- und Ruhetontastung umgeschaltet werden kann, während bei der Doppelstromtastung die Stromrichtung ausgewählt werden kann.

Alle Tastgeräte sind erdfrei aufgebaut und wie schon erwähnt voneinander unabhängig einstellbar.

dafür gesorgt, daß auch bei Netzspannungsschwankungen und vor allem bei Röhrenalterung der Anodenwechselstrom konstant bleibt. Der Belastungswiderstand des Diskriminators ist als umschaltbarer Spannungsteiler ausgebildet, wodurch bei F6 die Anpassung der Demodulationseinrichtung an die verschiedenen Hübe ermöglicht wird. Der darauf folgende Gleichspannungsverstärker wird bei A1-Empfang mit der A1-Demodulation und bei F1- und F6-Empfang mit dem Diskriminator verbunden. Nach dem Gleichspannungsverstärker geschieht die erste niederfrequente Selektion in einem in neun Stufen umschaltbaren Tiefpaß. Danach erfolgt die eigentliche Impulsaufbereitung.

Für die Signaltrennung bei F6 sind 3 bistabile Kipp-schaltungen vorgesehen, deren Ansprechschwellen S_1, S_2 und S_3 so zu den den 4 Umtastfrequenzen entsprechenden Diskriminatorspannungen zugeordnet sind, wie es das Bild 5 zeigt. Als Kippschaltung ist hier der sogenannte Schmittdiskriminator oder Schmittkipper verwendet worden. Bei der dem Trennschritt auf beiden Kanälen zugeordneten Fre-

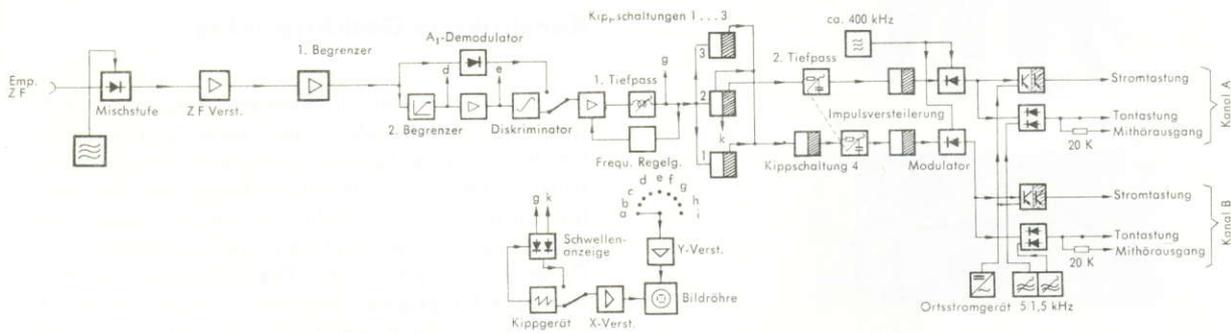


Bild 4 Blockschaltbild des Telegrafiedemodulators NZ 07.

Wirkungsweise

Auf die Wirkungsweise des Gerätes im einzelnen soll hier nur anhand der Blockschaltskizze Bild 4 eingegangen werden. Eine ausführliche Beschreibung ist unter [1] zu finden, die genaue Behandlung der Frequenzregelung unter [2].

Der erste Teil des ZF-Verstärkers ist in den Diversity-ZF-Einschüben enthalten. Auf die Mischstufe, die die ZF des Empfängers in die eigene ZF von 213 kHz umsetzt, folgt eine ZF-Verstärkerstufe, von der induktiv oder kapazitiv bei Diversity-Betrieb das Umschaltkriterium abgeleitet wird. Darauf folgt noch eine als Gitterstrombegrenzer arbeitende weitere Verstärkerstufe, die in dem Einschub für Empfänger-diversity gleichzeitig für die Umschaltung der ZF bei Diversity herangezogen wird.

In dem Grundgerät folgen bei A1-Empfang unmittelbar die A1-Demodulation, bei Frequenzumtastungen eine als Abkapper wirkende zweite Begrenzerstufe, danach die Treiberstufe für den Diskriminator und der Diskriminator selbst. In der Treiberstufe wird durch eine besondere Regelschaltung

quenz f_1 sind alle 3 Schmittkipper in ihrer Ruhestellung. Beim Übergang auf f_2 kippt der erste in seine Arbeitslage, bei f_3 auch der zweite, bis schließlich in der Stellung f_4 sich alle drei in ihrer

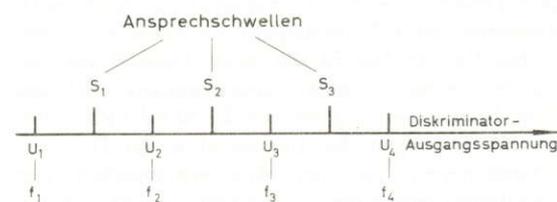


Bild 5 Zuordnung der Ansprechschwellen S_1, S_2 und S_3 der für die Signaltrennung bei F6 vorgesehenen Kippschaltungen Nr. 1 bis 3.

Arbeitslage befinden. Durch eine Zusammenfassung der Ausgangsspannungen dieser 3 Schmittdiskriminators durch eine entsprechend dimensionierte Widerstandsmatrix wird eine Summenspannung erzielt, mit der ein 4. Schmittkipper dem Code 2 entsprechend angesteuert werden kann.

Wie die auf Seite 26 angegebene Tabelle zeigt, ist für den Kanal A lediglich der Wechsel zwischen f_2 zu f_3 , also das Überschreiten der Ansprechschwelle S_2 mit einem Wechsel zwischen Trennschritt und Zeichenschritt verbunden. Es genügt daher, die Lage

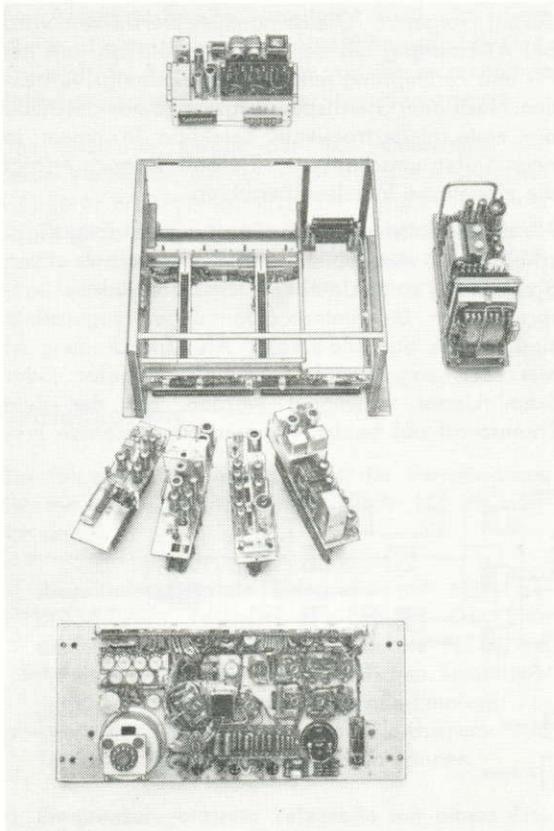


Bild 6 Ansicht des konstruktiven Aufbaues des Telegrafiedemodulators NZ 07. Der untere Teil ist die Frontplatte von der Verdrahtungsseite her gesehen. 12034

dieses Schmittkippers für die Steuerung der Tastgeräte des Kanals A heranzuziehen. Für den Kanal B übernimmt der 4. Schmittkipper die Ansteuerung der Tastgeräte. Da bei F_6 der erste Tiefpaß vor der Signaltrennung in seiner Grenzfrequenz auch bei einer Tastgeschwindigkeit von 2×50 Bd nicht unter ca. 250 Hz wegen der Unsymmetrie der Diskriminatorspannung zu den Ansprechschwellen der Schmittdiskriminatoren eingestellt werden kann, muß die hauptsächliche NF-Selektion nach der Signaltrennung erfolgen. Deshalb ist für den Kanal A nach dem 2. Schmittkipper und für den Kanal B nach dem 4. Schmittkipper je ein Tiefpaß vorgesehen, der für beide Kanäle gemeinsam der Tastgeschwindigkeit angepaßt werden kann. Auf den zweiten Tiefpaß folgt für jeden Kanal noch eine weitere Kippschaltung, die die durch die zweite Selektion stark verformten Impulse wieder in Rechteckimpulse zurückwandelt. Von dieser Kippstufe werden parallel die Tontastung und die Gleichstromtastung gesteuert.

In der Tontaststufe werden wahlweise 1,5 oder 5 kHz getastet, wobei durch eine besondere Schaltung auch ohne Symmetriertransformatoren eine völlig gleichstromfreie Schaltung erreicht wird. Durch die fehlenden Transformatoren werden vor allen Dingen bei höheren Tastgeschwindigkeiten, wie sie z. B. bei der Wetterkartenübertragung vorkommen, zusätzliche Einschwingvorgänge vermieden.

In der Gleichstromtastung werden an Stelle der vielfach üblichen Telegrafierelais Leistungstransistoren verwendet. Telegrafierelais haben sich auch bei sorgfältigster Ausführung als nicht sehr zuverlässige Bauelemente erwiesen, die, um einen einigermaßen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten, in verhältnismäßig kurzen Abständen gepflegt werden müssen. Durch die Verwendung von Leistungstransistoren wird eine völlige Wartungsfreiheit erreicht.

Konstruktive Gesichtspunkte

Bei der Vielfalt der zu lösenden Aufgaben ergab sich eine an Bauelementen recht umfangreiche Schaltung. Diese Tatsache erforderte bei der Konstruktion besondere Berücksichtigung, um den Aufbau nicht zu unübersichtlich werden zu lassen. Die Abb. 6 zeigt, unter welchen Gesichtspunkten das Gerät konstruiert wurde. Die Schaltung ist in 7 steckbare Baugruppen aufgelöst – wobei die Frontplatte eine eigene Baugruppe darstellt – die alle

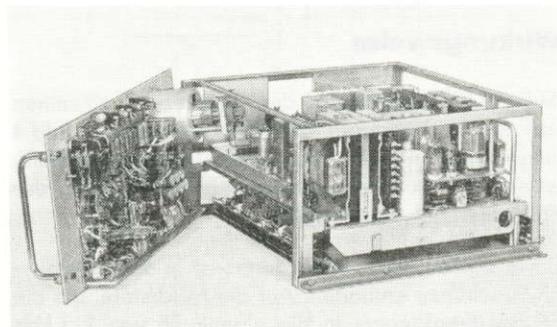


Bild 7 Ansicht der abnehmbaren Frontplatte. 12033

für sich verdrahtet sind und in den Rahmen eingesetzt werden können. Durch die Steckkontakte, vor allen Dingen an der Frontplatte, ergibt sich eine große Zahl zusätzlicher, leicht zugänglicher Meßpunkte, die eine Funktionskontrolle des Gerätes wesentlich erleichtern. Alle Baugruppen können durch das Lösen von wenigen Schrauben herausgenommen werden. Wie das Bild 7 zeigt, ist dies auch bei der Frontplatte leicht möglich.

Die Empfangsleistungen

Um die Leistungen des Gerätes zu zeigen, soll mit dem Bild 8 hier eine Abbildung aus einer schon früher veröffentlichten Arbeit [1] gezeigt werden, in der die Fehlerzahlen in Abhängigkeit vom Störabstand für den Kanal A und Kanal B bei F6 aufgetragen sind.

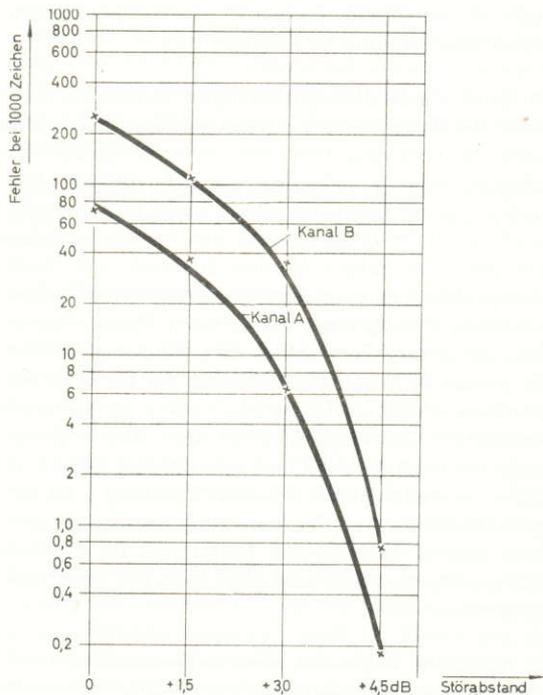


Bild 8 Fehlerzahlen bei F6-Tastung in Abhängigkeit vom Störabstand. Empfängerbandbreite $\pm 1,5$ kHz, Stellung des ersten Tiefpasses 500 Hz, des zweiten 50 Hz.

Es wird mehr und mehr üblich, für die Beurteilung von Telegrafie-Empfängern die sogenannte verzerrungsbegrenzte Betriebsempfindlichkeit heranzuziehen [3]. Die am NZ 07 durchgeführten Messungen in Verbindung mit einem Empfänger, dessen Rauschzahl bei ca. 10 kT₀ lag, ergaben eine Betriebsempfindlichkeit von 12 db unter 1 μ V für den Kanal A und 8 db für den Kanal B. Bei diesen Messungen

wurde eine F6-Sendung mit 3 x 400 Hz Hub empfangen. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Zeichenverzerrungen $> 20\%$ bei den oben genannten Empfangsspannungen war 10^{-3} . Die Grundverzerrungen des Gerätes liegen bei der Fernschreib-tastgeschwindigkeit von 50 Bd unter 1%; bei 200 Bd sind sie $< 1,5\%$.

Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß es vernünftig war, ein Gerät zu schaffen, das möglichst universell anzuwenden ist. Sicher sind für manchen speziellen Betriebsfall einige Einrichtungen in dem Demodulator enthalten, die für diesen Fall nicht erforderlich sind. So werden z. B. die beiden Tastgeräte für den Kanal B nicht benötigt, wenn ausschließlich F1 empfangen wird. Daher sind auch oft für einen Benutzer, der nur eine bestimmte Betriebsart verwendet, einige Knöpfe und Schalter an der Frontplatte scheinbar zu viel. Trotzdem hat aber auch ein Benutzer, der zunächst nur an einer oder an wenigen Betriebsarten interessiert ist, die Möglichkeit, den Telegrafiedemodulator NZ 07 vorteilhaft zu verwenden, da er bei einem späteren, vorerst nicht eingeplanten Wechsel auf eine andere Betriebsart oder bei einer Erweiterung des Betriebes nicht gezwungen ist, seine Anlage diesen neuen Betriebsentwicklungen anzupassen.

K. Grabe

LITERATUR

- [1] J. Hacks und K. Grabe
Funktelegrafieempfang in Anlagen mittlerer Größe.
Rohde & Schwarz-Mitteilungen Nr. 11, Dez. 1958, S. 206-214.
- [2] K. Grabe
Eine Zweipunktregelung für die Frequenzkorrektur im Funkfern-schreibempfang.
Auszug einer an der Technischen Hochschule Darmstadt eingereichten Dissertation (D 17).
NTZ 15, Juni 1962, S. 292-298.
- [3] E. v. Jasieniki, W. Kronjäger und K. Vogt
Über die Messung der verzerrungsbegrenzten Betriebsempfindlichkeit von Funk-Telegrafie-Empfängern.
NTZ 14, Okt. 1961, S. 477-480.

Der Diversity-Empfang im Kurzwellentelegrafieverkehr

Der Diversity- oder Mehrfach-Empfang hat zusammen mit dem Telegrafiebetrieb eine immer größere Bedeutung erlangt. Er kann den Einfluß des selektiven Fadings in einem erheblichen Maße reduzieren, so daß z. B. mehrere Worte hintereinander, die durch ein Fading völlig zerstört würden, bei Diversity-Empfang klar lesbar bleiben können.

Man versteht unter Diversity-Empfang im allgemeinen den Empfang ein und derselben Nachricht auf mindestens zwei oder mehr Übertragungswegen, die sich in ihren Eigenschaften jedoch unterschiedlich verhalten. Die auf diesen verschiedenen Wegen empfangenen Signale werden in einer geeigneten Weise so ausgewählt oder kombiniert, daß im Mittel der Störabstand besser ist als der von nur einem Übertragungsweg.

Damit der Diversity-Betrieb eine merkliche Verbesserung ergibt, müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein. Die Übertragungseigenschaften eines Weges müssen so stark schwanken, daß der Empfang zeitweise zu Fehlern führt. Diese Forderung ist an sich selbstverständlich, denn wenn der Empfang über einen Weg schon völlig ausreicht, dann ist durch die Kombination von Signalen aus mehreren Wegen keine Verbesserung mehr zu erwarten. Weiterhin müssen alle Übertragungswege in ihrem mittleren Störabstand annähernd gleich sein. So ist z. B. das Ergebnis der Kombination zweier Signale, von denen zwar das eine die meiste Zeit einwandfrei ist, das andere jedoch fast ständig zu Fehlern führt, schlechter als das Signal des besseren Übertragungsweges. Außerdem muß der Störabstand von jedem einzelnen Weg im Mittel ausreichend groß sein, so daß über die meiste Zeit ein störungsfreier Empfang über diesen Weg möglich wäre. Eine Kombination von Signalen, die alle ständig gestört sind, kann keine für die Praxis bedeutsame Verbesserung ergeben.

Die wichtigste Forderung an die Übertragungseigenschaften der verwendeten Wege ist, daß sie möglichst unabhängig voneinander schwanken. Der ideale Zustand wäre sogar, daß das Minimum der Übertragungseigenschaften eines Weges immer mit dem Maximum eines anderen zusammentreffen würde. Die Korrelation der Übertragungseigenschaften der Wege untereinander soll somit möglichst klein sein. Auch hierzu kann man sich die Begründung leicht vorstellen. Wenn alle verwendeten Wege genau zur gleichen Zeit gleich schlecht würden, dann nutzt auch eine Zusammenfassung der Signale von mehreren Wegen nichts

mehr, da zu diesem Zeitpunkt aus keinem einwandfreies Ergebnis zu erhalten ist.

Bei allen Kurzwellenverbindungen, soweit sie nicht durch die Bodenwelle mit ihrer geringen Reichweite zustande kommen, tritt das sehr schmalbandige selektive Fading auf, das bis zur völligen Auslöschung einer Frequenz führen kann. Im Telegrafieempfang ist, im Gegensatz zu den Telefoniesendungen mit ihren relativ breiten Spektren, die Nachricht praktisch in einer einzigen Frequenz enthalten. Selektives Fading kann daher beim Telegrafieempfang zu einem Totalverlust der Nachricht führen. Da jedoch beim selektiven Fading die für Diversity-Empfang wichtigste Forderung nach einer geringen Korrelation der Eigenschaften der Übertragungswege im Prinzip leicht und ausreichend gut zu erfüllen ist, bedeutet der Diversity-Empfang eine sehr gute Möglichkeit zur Verbesserung der durch selektives Fading auftretenden Störungen. Es ist heute z. B. ein Übersee-Empfang ohne Diversity nicht mehr denkbar.

Je nach der Wahl des Übertragungsweges unterscheidet man zwischen Raum-, Polarisations- oder Frequenzdiversity.

Beim **Raumdiversity** sind die Empfangsantennen, in der Regel sind es zwei oder drei, so weit voneinander entfernt, daß die Laufzeitunterschiede groß genug werden, um Fadings zu verschiedenen Zeiten auftreten zu lassen. Im Kurzwellenbereich ist unter Umständen schon bei Abständen von ca. 100 m ein brauchbarer Diversity-Effekt vorhanden. Als Regel für den Abstand gilt der 10–20fache Betrag der Wellenlänge.

Beim **Polarisationsdiversity** werden die unterschiedlichen Übertragungsbedingungen der senkrecht zueinander stehenden Komponenten ausgenutzt. Diese Art hat den Vorteil, daß der Abstand der Antennen bis auf Null herab gehen kann. Im einfachsten Fall lassen sich schon mit zwei senkrecht zueinander stehenden Antennen, also z. B. V-förmig angebrachte Peitschen-Antennen, brauchbare Ergebnisse erzielen.

Beim **Frequenzdiversity** werden zwei verschiedene Empfangsfrequenzen ausgewählt. Der große Vorzug dieses Verfahrens ist, daß man nur eine Antenne benötigt. Der Nachteil liegt darin, daß es oft schwer sein wird, bei der immer größer werdenden Knappheit an brauchbaren Kurzwellenfrequenzen zwei geeignete Frequenzen zu finden. Ein weiterer Nach-

teil dieses Verfahrens ist, daß viel häufiger als bei Raum- oder Polarisationsdiversity durch Dämpfungsschwund über lange Zeiten eine der beiden Frequenzen eine geringere Empfangsspannung liefert als die andere. Das führt dazu, daß während dieser Zeiträume die Anlage mit dem gleichen Wirkungsgrad arbeitet wie eine Anlage ohne jeden Diversity-Betrieb. Günstig sind daher zwei nicht allzu weit voneinander entfernte Frequenzen. Das Frequenzdiversity-Verfahren ist dort zu empfehlen, wo keine geeignete Möglichkeit gefunden werden kann, zwei oder drei Antennen aufzustellen, die eine genügend unkorrelierte Empfangsspannung liefern. Es ist daher z. B. für den Diversity-Betrieb auf Schiffen besonders geeignet.

Die Bezeichnungen Antennendiversity und Empfängerdiversity beziehen sich auf das Empfangs- und Ablöseverfahren.

Beim **Antennendiversity** werden unmittelbar die Antennen umgeschaltet, d. h. zwischen den Antennen und den Empfängern liegt das Ablösegerät, das einen Befehl zum Umschalten vom Ausgang des Empfängers ableitet. Je nach der Aufstellungsweise der Antennen kann dabei Raum- oder Polarisationsdiversity-Empfang durchgeführt werden. Der Empfänger bleibt so lange mit einer Antenne verbunden, bis deren Eingangsspannung unter eine bestimmte Schwelle sinkt. Bei Unterschreitung dieses Schwellwertes wird auf die nächste Antenne umgeschaltet und kontrolliert, ob die Eingangsspannung dieser Antenne genügend groß ist. Wenn das der Fall ist, dann bleibt der Empfänger an dieser Antenne, bis auch hier wieder der Schwellwert unterschritten wird; wenn es nicht der Fall ist, wird sofort auf die dritte Antenne weitergeschaltet und eventuell auch wieder auf die erste. Nun ist schon bei zwei Antennen die Wahrscheinlichkeit nicht sehr groß, daß auf beiden Antennen gleichzeitig eine zu geringe Eingangsspannung herrscht, wenn bei der Aufstellung der Antennen darauf geachtet wurde, daß ihre Fadings genügend unkorreliert auftreten. Bei drei verwendeten Antennen wird diese Wahrscheinlichkeit noch weiter herabgesetzt, so daß fast immer wenigstens eine der drei Antennen genügend Spannung liefert. Der Nachteil dieses Verfahrens ist zweifellos der, daß der Betrieb an einer Antenne immer so lange durchgeführt wird, bis ein gewisser Mindestpegel unterschritten ist. Dieser Pegel muß so gewählt werden, daß er immer noch einen genügend großen Störabstand bietet, andererseits darf er nicht so hoch liegen, daß schon bei jeder kleinsten Schwankung umgeschaltet wird. Wenn auch der Umschaltvorgang selbst nur 50 µsec in Anspruch nimmt, so müssen doch die Selektionsfilter des Empfängers bei jedem Umschalten neu einschwingen, was je nach der verwendeten Bandbreite bis zu 1 msec dauern kann, so daß während dieser Zeit der Empfang zusätzlich beeinträchtigt ist.

Das Antennendiversity-Verfahren ist nicht für stark amplitudenmodulierte Sendungen anwendbar, ins-

besondere also nicht für A1. Bei A1 z. B. würden in jeder Tastpause die Antennen umgeschaltet, und beim Erscheinen des HF-Signals würde gerade die Antenne eingeschaltet bleiben, die in diesem Moment durchgeschaltet war. Eine Auswahl des besten Signals kann daher gar nicht erfolgen. Es ist beim Antennendiversity notwendig, daß die Senderfrequenz ständig ausgestrahlt wird, wie es bei den frequenzumgetasteten Telegrafie-Betriebsarten der Fall ist.

Außerdem kann dieses Verfahren nur unter gewissen Vorbehalten bei solchen Frequenzumtastungen verwendet werden, deren Umtastfrequenz im Verhältnis zum Frequenzhub so groß ist, daß die verwendete Empfängerbandbreite durch die Umtastgeschwindigkeit und nicht durch den Frequenzhub bestimmt wird. Das ist z. B. beim Schwarzweiß-Bildfunk (Betriebsart F4) der Fall. Es wird hierbei der Einschwingvorgang der Empfängerfilter beim Umschalten annähernd so lang wie die kürzesten zu übertragenden Zeichen, so daß notwendigerweise beim Umschalten immer Zeichen zerstört werden müssen. Das hauptsächliche Anwendungsgebiet des Antennendiversity-Verfahrens liegt daher beim Funkfernsehen, das mit den Betriebsarten F1 und F6 durchgeführt wird. Da nur ein Empfänger verwendet wird, kann selbstverständlich kein Frequenzdiversity betrieben werden.

Der große Vorteil des Antennendiversity-Verfahrens liegt in seinem geringen Aufwand, denn es wird nur ein Empfänger benötigt. Aufgrund des geringen Aufwandes ist es möglich, einen kompletten Telegrafiediversity-Empfänger mit dem Anschluß für drei Antennen einschließlich der Ablöseeinrichtung als Tischempfänger aufzubauen. Bei Verwendung der modernen Breitbandantennen, die im Gegensatz zu den im Kurzwellenverkehr viel verwendeten Reusen- oder Rhombusantennen nur einen geringen Platzbedarf haben, kann man auch innerhalb der Stadt z. B. auf den Dächern oder auf einem in seinen Ausdehnungen beschränkten Gelände eine vollwertige Diversity-Antennenanlage aufstellen, was z. B. für Behörden oder Pressedienststellen von großer Bedeutung sein kann. Für bewegliche Anlagen (z. B. für die Aufgaben der Sicherheitsbehörden) bietet sich dieses Verfahren ganz besonders an, da der Empfänger, in einem Schwingrahmen gelagert, in jedem Funkwagen gut untergebracht werden kann, wobei unter Verwendung von polarisierten Antennen sogar beide Antennen auf dem gleichen Fahrzeug befestigt werden können. Die Leistungsfähigkeit einer Antennendiversity-Anlage ist dabei so hoch, daß mit Dreifach-Antennendiversity bessere Ergebnisse erreicht werden können als mit einer Zweifach-Empfängerdiversity-Anlage.

Beim **Empfängerdiversity** wird an jede der verwendeten Antennen ein Empfänger angeschlossen. Es kann hier, je nach dem Aufbau der Antennen, Raum- oder Polarisationsdiversity-Empfang, oder

auch bei einem Anschluß beider Empfänger an eine Antenne Frequenzdiversity-Empfang betrieben werden. In jedem Moment werden alle Empfangsspannungen verglichen und die beste zur Demodulation verwendet. Im Gegensatz zum Antennendiversity kann hier der Vergleich ständig erfolgen, es muß also nicht auf ein Absinken unter einen Mindestpegel gewartet werden. Aus diesem Grund ist auch ein Zweifach-Empfängerdiversity-Verfahren einem Zweifach-Antennendiversity überlegen. Der Hauptvorteil dieses Verfahrens ist aber darin zu sehen, daß die Betriebssicherheit aufgrund der mehrfach vorhandenen Empfänger höher liegt als bei dem Antennendiversity. Außerdem kann im Gegensatz zum Antennendiversity wegen des ständig erfolgenden Vergleiches und des Fehlens der Einschwingvorgänge beim Umschalten auch die Betriebsart A1 empfangen werden. Während die Verbesserung

bei der quadratischen Addition werden die demodulierten Signale zunächst quadriert und danach addiert.

Alle drei Verfahren setzen voraus, daß durch eine gemeinsame Regelung der Empfänger oder durch eine zusätzliche Steuerung der NF jedes Empfängers durch die eigene Regelspannung dafür gesorgt wird, daß der Störabstand an den Antennen an der Stelle, an der die Nachrichtenvereinigung erfolgt, richtig, d. h. proportional, wiedergegeben wird. Das theoretisch beste Verfahren ist die quadratische Addition. Dabei wird jedoch vorausgesetzt, daß als einzige Störquelle weißes Rauschen auftritt. Bei Zweifach-Diversity liegt die Verbesserung gegenüber dem Umschaltverfahren so, als ob der Störabstand um 0,6 db größer geworden wäre. Bei der linearen Addition ist sie noch geringer. Nun werden

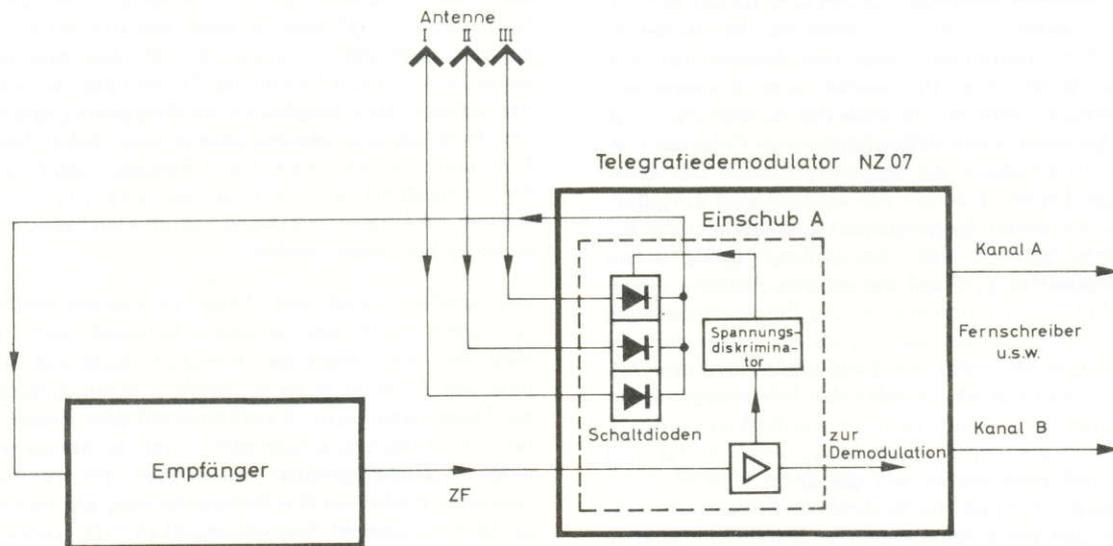


Bild 1 Das Prinzip der R & S-Antennendiversity-Anlage.

zwischen Einfach-Empfang und Zweifach-Diversity sehr deutlich bemerkbar ist, ist eine weitere Verbesserung durch die zusätzliche Verwendung einer dritten Antenne und eines dritten Empfängers nicht mehr sehr groß, so daß heute meist Zweifach-Empfängerdiversity-Betrieb durchgeführt wird.

Die Vereinigung der Nachricht

Innerhalb des Empfängerdiversitys gibt es drei Verfahren, die auf den verschiedenen Empfangswegen erhaltenen Nachrichten zu vereinigen: die Umschaltung, die lineare Addition und die quadratische Addition. Bei der Umschaltung wird nur die Nachricht des Empfangsweges mit der höchsten Feldstärke durchgeschaltet, die der anderen bleibt völlig unterdrückt. Bei der linearen Addition werden die demodulierten Signale einfach linear addiert,

jedoch im Kurzwelligegebiet die Störungen im wesentlichen nicht durch das unkorrelierte Rauschen der Antennen und Empfänger verursacht, sondern durch fremde Sender und Impulsstörer, die nahezu vollständig korreliert an den Antennen auftreten. Annähernd unkorreliert ist lediglich das Fading der Nutzsender. Bei Impulsstörungen kann die quadratische Addition sogar von Nachteil sein, da die Störungen durch die Quadrierung gegenüber dem Signal überbewertet werden, so daß der Störabstand nach der Addition unter Umständen ungünstiger als der des schlechteren Kanals ist.

Das R & S-Diversity-System

Das R & S-Diversity-System wird durch vier Diversity-Einschübe mit den Bezeichnungen A, E, F und S zu dem Telegrafiedemodulator NZ 07 gebildet. Es können damit 3 verschiedene Diversity-Anlagen zusam-

mengestellt werden, wie durch Bild 1, 2 und 3 gezeigt wird. Wegen der im vorigen Abschnitt genann-

Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß mit jeder Umschaltung durch die Einschwingvorgänge

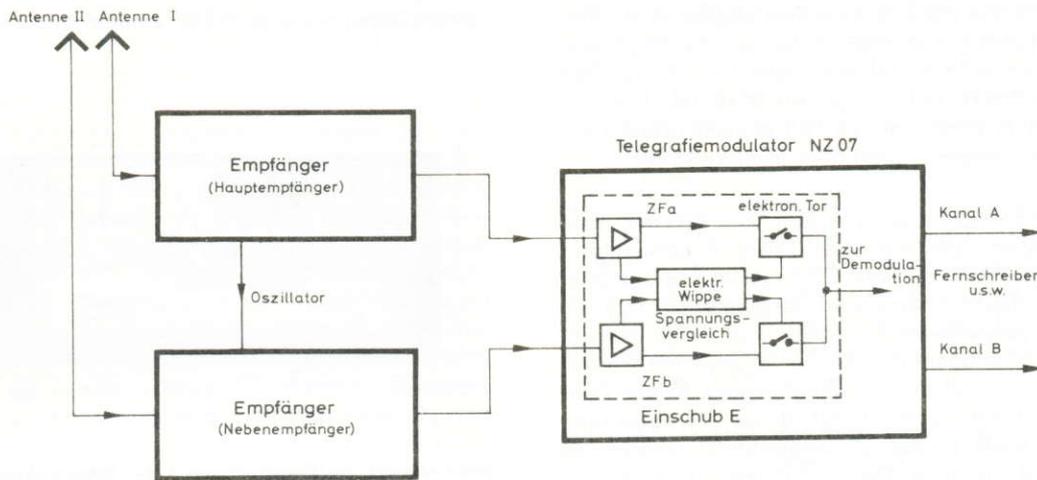


Bild 2 Das Prinzip der R & S-Empfängerdiversity-Anlage. Diese Anlage setzt identische ZF der Empfänger voraus.

ten Gründe wird nur die Umschaltung für die Nachrichtenvereinigung angewendet. Die Zweifach- oder Dreifach-Antennendiversity-Anlage besteht aus einem Empfänger und einem Telegrafiedemodulator NZ 07, der mit dem ZF-Diversity-Einschub A bestückt ist. Für die elektronische Antennenumschaltung werden Dioden als Schalter verwendet. Die Dämpfung beträgt max. 2 db im durchgeschalteten Zustand und mindestens 40 db, wenn

und Laufzeiten der Selektionsfilter in dem Empfänger der Empfang kurz unterbrochen wird; bei üblichen Filtern beträgt die Unterbrechung über 1 ms, wenn eine Bandbreite von ± 300 Hz verwendet wird. Bei einer Zeichenlänge von z. B. 20 ms je Bit schadet eine solche relativ kurze Unterbrechung nichts, da sie durch die NF-Selektion im Telegrafiedemodulator ausgesiebt wird. Eine zu häufige Umschaltung, wie sie z. B. durch Impulsstörungen

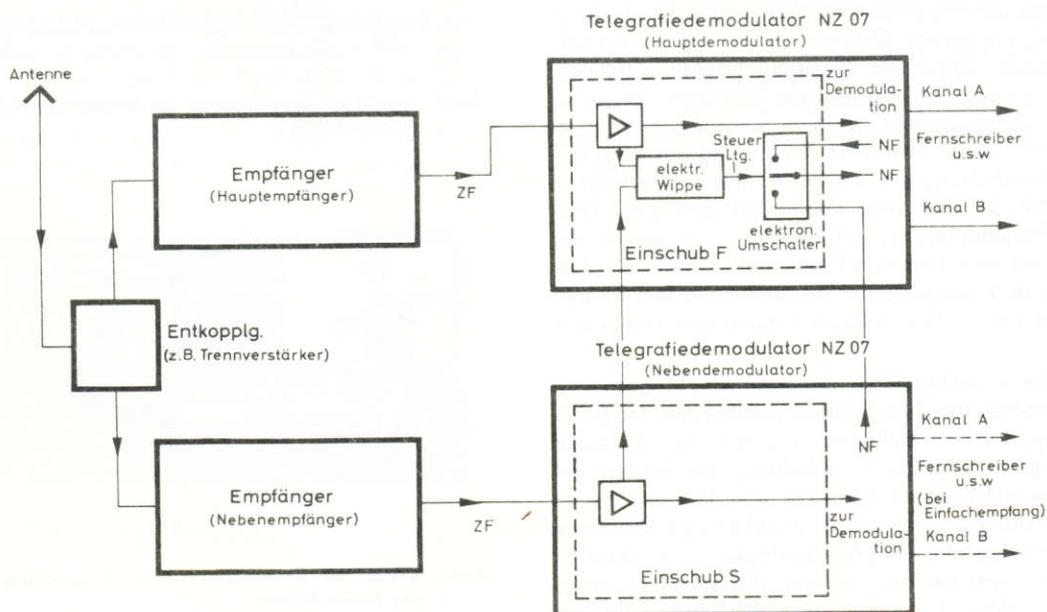


Bild 3 Das Prinzip der R & S-Frequenzdiversity-Anlage.

der Schalter geöffnet ist. Die Umschaltung erfolgt in ca. $50 \mu\text{s}$, so daß durch den Umschaltvorgang selbst keine zusätzlichen Zeichenverzerrungen zu erwarten sind.

verursacht werden kann, muß jedoch verhindert werden. In dem Diversity-Einschub A ist daher dafür gesorgt, daß bei einem zu häufigen Unterschreiten der Schaltschwelle durch die ZF, wie es durch

Impulsstörungen oder Rauschen geschehen könnte, der Umschaltbefehl nicht an den Antennenumschalter weitergegeben wird. Überdies wird die Absuchfrequenz, mit der alle Antennen abgesucht werden, wenn zufällig auf allen Antennen die Empfangsspannung nicht ausreichen sollte, nach kurzer Zeit von ca. 500 Hz auf weniger als 20 Hz herabgesetzt, um den in einem solchen Fall ohnehin schon stark gestörten Empfang nicht noch mehr zu stören.

Die Empfängerdiversity-Anlage besteht aus zwei Empfängern, aber nur einem Telegrafiedemodulator NZ 07, der hier mit dem ZF-Einschub E ausgerüstet ist. Bei dieser Anlage wird vorausgesetzt, daß die beiden verwendeten Empfänger von einem gemeinsamen Überlagerungsoszillator abgestimmt werden können, so daß die Zwischenfrequenz beider Empfänger identisch ist. Unter dieser Voraussetzung kann bereits in der ZF umgeschaltet werden, so daß die gesamte Demodulationseinrichtung einschließlich der Frequenzregelung und der Abstimmanzeige nur einmal vorgesehen zu werden braucht. Es kann damit natürlich kein Frequenzdiversity betrieben werden. Zur Gewinnung des Umschaltkriteriums wird, wie auch in der anschließend beschriebenen Frequenzdiversity-Anlage, die ZF aus beiden Empfängern gleichgerichtet, die beiden so gewonnenen Spannungen werden voneinander subtrahiert, und diese Differenzspannung wird einer Kippschaltung zugeführt, die die Umschaltstufen steuert.

Bei der Frequenzdiversity-Anlage ist die Voraussetzung der gemeinsamen Abstimmung beider Empfänger mit einem Oszillator nicht mehr gegeben, es müssen daher alle Demodulationseinrichtungen, die Frequenzregelung und die Abstimmanzeige für jeden Empfangsweg getrennt vorgesehen werden. Die HF- und ZF-Teile sind somit völlig getrennt, und die Umschaltung auf die beste Nachricht erfolgt in der NF. Es sind zwei Empfänger und zwei Telegrafiedemodulatoren erforderlich, von denen der eine mit dem Einschub F und der andere mit dem Einschub S ausgestattet ist. Beide Demodulatoren sind durch ein Spezialekabel miteinander verbunden.

Mit dieser Anlage, die mit zwei Empfängern und zwei kompletten Telegrafiedemodulatoren den größten apparativen Aufwand erfordert, können durch eine ganz einfache Umschaltung die beiden zusammengehörigen Empfänger und Demodulatoren in vollständig voneinander unabhängige komplette Einfachtelegrafie-Empfangsanlagen umgeschaltet werden, was bei den anderen Anlagen nicht möglich ist. Weiterhin kann, wenn die Sendestelle vorübergehend die gleiche Nachricht auf zwei verschiedenen Frequenzen aussendet, auf der Empfangsseite ein Frequenzwechsel durchgeführt werden, ohne daß der Empfang unterbrochen werden muß. Selbstverständlich kann, wenn zwei Antennen verwendet werden, auch Raum- oder Polarisationsdiversity betrieben werden.

Der Einsatz S konnte so einfach gehalten werden, daß er im wesentlichen nur den in jedem Fall notwendigen ersten Teil des ZF-Verstärkers für den Telegrafiedemodulator NZ 07 enthält. Er kann des-

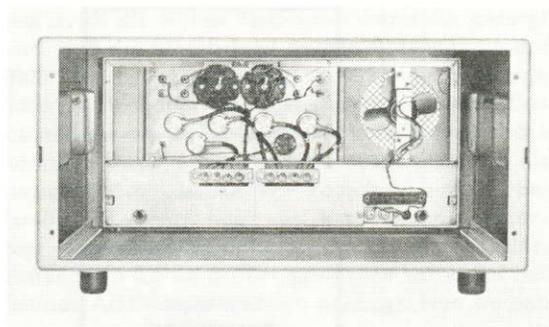


Bild 4 Ansicht des Einsatzrahmens A für Antennendiversity im Geräte Stahlkasten des Telegrafiedemodulators NZ 07.

12 032

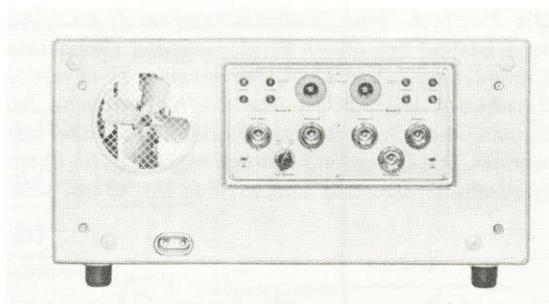


Bild 5 Ansicht der Anschlußplatte des Einsatzrahmens A im Geräte Stahlkasten.

12 031

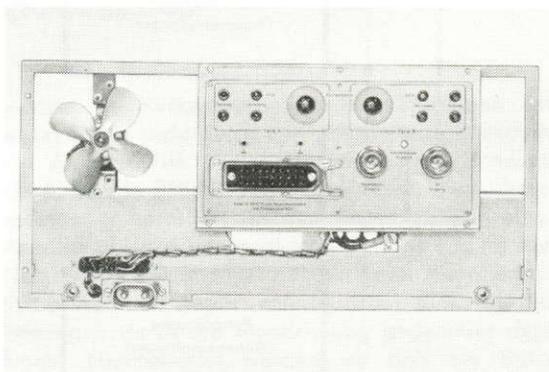


Bild 6 Ansicht des Einsatzrahmens F für Frequenzdiversity mit der Anschlußplatte.

12 029

halb auch immer dann eingesetzt werden, wenn keinerlei Diversity-Empfang betrieben werden soll und wenn auch an eine spätere Erweiterungsmöglichkeit nicht gedacht ist.

Konstruktive Gesichtspunkte

Wie schon im vorhergehenden Artikel über den Telegrafiedemodulator NZ 07 gesagt wurde, enthalten die Diversity-ZF-Einschübe alle für die Gewinnung des Umschaltkriteriums und für die Umschaltung selbsterforderlichen Einrichtungen. Irgendwelche Änderungen oder Abgleichmaßnahmen in dem Grundgerät des Demodulators sind nicht erforderlich. Da die einzelnen Diversity-Betriebsarten jedoch ganz verschiedene Anforderungen an die Verbindungsmöglichkeiten mit den übrigen Geräten stellen, erschien es nicht zweckmäßig, für die Ausführung im Gerätstahlkasten eine Anschlußplatte zu konstruieren, die sämtliche Anschlußbuchsen für alle möglichen Diversity-Betriebsarten enthält. Es wurde daher ein auswechselbarer Einsatzrahmen geschaffen, der die Verbindung zwischen dem Geräteeinschub und den nach außen führenden Anschlußbuchsen herstellt. Auf der Geräteseite sind alle notwendigen Steckerarmaturen vorhanden, und auf der Außenseite ist die Anschlußplatte mit den Anschlußbuchsen angebracht, die in einem entsprechenden Ausschnitt des Gerätstahlkastens hineinpaßt. Zu jedem der 4 ZF-Diversity-Einschübe gehört ein entsprechender „Einsatz“ für den Gerätstahlkasten. Der Einsatz selbst kann nach Lösen von 4 Schrauben ausgewechselt werden. Die beiden Bilder 4 und 5 zeigen den Einsatz A im Gerätstahlkasten von der Geräteseite und der Außenseite her gesehen. Als weiteres Beispiel ist in dem Bild 6 der Einsatz F zu sehen, wie er für die Frequenzdiversity-Anlage gebraucht wird.

Im allgemeinen wird man nicht zwischen verschiedenen Diversity-Betriebsarten wechseln müssen. Es genügt die einmalige Ausstattung des Grundgerätes mit dem gewünschten Einschub und des Gerätstahlkastens mit dem dazugehörigen Einsatz. Für Sonderfälle kann es jedoch von Bedeutung

sein, mit wenigen Handgriffen eine Anlage von der einen Diversity-Betriebsart gegen die andere umzurüsten. Es besteht die Möglichkeit, bei einer entsprechenden Ausgestaltung des Einsatzrahmens als Gegenstück zum Telegrafiedemodulator alle Gegenstecker zu den Einschüben A (für Antennendiversity), F und S (für Frequenzdiversity) gemeinsam anzuordnen. Wegen der Vielzahl der notwendigen Anschlußbuchsen zu den sonstigen Geräten kann ein solcher Rahmen jedoch nur für Gestelle oder für unsere Überwachungsanlage NK 701 hergestellt werden. Die an den Einschüben A, F und S befindlichen Stecker nutzen die Gegenbuchsen dieses Spezialrahmens jeweils nur zu einem Teil aus. So benutzt der Einschub F z. B. nicht die für den Einschub A erforderlichen Gegenstecker, die die Verbindung zwischen den Antennen herstellen.

Mit einem Gestell, das zwei Empfänger und zwei Telegrafiedemodulatoren NZ 07 aufnehmen kann und das diesen Spezialrahmen enthält, lassen sich, wenn noch zusätzlich zwei Antennendiversity-Einschübe A und je ein Einschub F und S vorhanden sind, mit wenigen Handgriffen entweder zwei getrennte Antennendiversity-Anlagen oder eine Frequenzdiversity-Anlage schaffen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß sich mit dem R & S-Diversity-System alle in der Praxis bedeutungsvollen Diversity-Betriebsarten durchführen lassen. Zweifellos hat dabei das Antennendiversity wegen seines geringen Aufwandes die größte Bedeutung, vor allen Dingen auch für mobile Dienste. Wenn zunächst bei der Einrichtung eines Telegrafie-Empfangsplatzes nicht an Diversity gedacht wird, sollte man trotzdem des sehr geringen Mehraufwandes wegen doch den Telegrafiedemodulator mit dem Diversity-Einschub A ausstatten, um gegebenenfalls später noch auf Diversity-Betrieb übergehen zu können.

K. Grabe

Moderne Meßtechnik für die Entwicklung von Telegrafie-Diversity-Anlagen

Die Entwicklung und Prüfung der modernen Kurzwellenempfänger und der notwendigen Zusatzgeräte stellt eine Fülle von Problemen an die Meßtechnik. Die meisten Aufgaben, wie z. B. die Bestimmung des Frequenzverhaltens von Oszillatoren oder der Verstärkungseigenschaften der HF- und NF-Verstärker, können mit Mitteln der konventionellen Meßtechnik gelöst werden, wobei natürlich mit den steigenden Anforderungen an die Güte der Geräte auch die Anforderungen an die Meßgeräte steigen. Ein unentbehrliches Meßgerät für die Entwicklung im Kurzwellenbereich ist ein Meßsender, der neben einer genügenden Frequenzkonstanz die Möglichkeit besitzen muß, die Ausgangsspannung bis zur Empfindlichkeitsgrenze der Empfänger definiert einstellen zu können, und der darüber hinaus mit einem definierten Modulationsgrad und mit einstellbarer Frequenz moduliert werden kann.

Mit dem Meßsender der Type SMAR ist ein Meßgerät entwickelt worden, das wohl allen Anforderungen dieser Art gerecht wird. Seine Ausgangsspannung

grad unter 90% bleibt. Weiterhin ist Frequenzumtastung bis 300 Bd und ± 1 kHz Hub möglich. Außerdem kann die Meßsenderfrequenz auf ein eigenes 500-kHz-Spektrum oder auf eine beliebige fremde Frequenz synchronisiert werden, wobei alle Modulationseigenschaften erhalten bleiben. In Verbindung mit einem Normalfrequenzgenerator, z. B. der Type XUA, erhält man auf diese Weise einen hochwertigen Meßsender mit Quarzgenauigkeit.

Durch die steigende Bedeutung automatischer Telegrafieübertragungen im Kurzwellenbereich entstehen jedoch zusätzliche Meßaufgaben, für die bisher keine Meßgeräte zur Verfügung standen. Die universelle Messung der Zeichenverzerrung bei Telegrafiesignalen in einem Demodulator ist eine solche Aufgabe, vor allem wenn alle Tastgeschwindigkeiten bis herauf zu 3600 Bd berücksichtigt werden sollen, wie sie heute im Kurzwellenbereich verwendet werden. Es entstand deshalb ein Telegrafieprüfgerät, mit dem im Labor die Telegrafieverzerrungen auf 0,5% genau bei einer Tastgeschwindigkeit zwi-

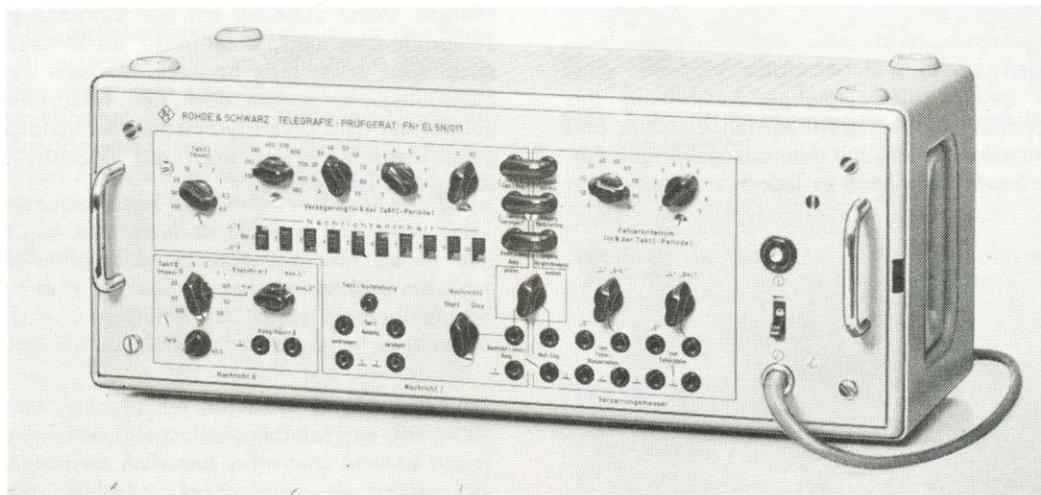


Bild 1 Ansicht des Telegrafieprüfgerätes. Es ist die Gliederung des Gerätes in Verzerrungsmesser und Generatorteil deutlich zu erkennen. Der Generatorteil „Nachricht II“ gestattet, bei F6 den zweiten Kanal mit Rechteckschwingungen zu modulieren, wobei beide Kanäle auch synchron laufen können. 12109

an 60 Ω kann bis zu 0,1 μ V Vollausschlag am Instrument eingestellt werden. Der Meßsender ist mit einem eingebauten Modulationsgenerator bis 15 kHz modulierbar, wobei der Modulationsgrad an einem Modulationsgradmesser abgelesen werden kann. Der Klirrfaktor ist $< 1\%$, solange der Modulations-

grad 10 und 5000 Bd und auf 1% genau bei 10000 Bd gemessen werden können.

Von einem Generatorteil dieses Gerätes (Bild 1) kann ein in seiner Frequenz umtastbarer Sender mit einem Signal moduliert werden, das aus 10 Bit be-

steht und das periodisch wiederholt wird. Innerhalb der 10 Bit können beliebige Kombinationen von Trenn- und Zeichenschritten eingestellt werden. Das von dem zu prüfenden Demodulationsgerät abgegebene Signal ist wegen der durch die Selektionsmittel verursachten Laufzeiten im Normalfall verzögert. Es wird deshalb in dem Geberteil des Telegrafieprüfgerätes das gleiche Signal auch noch verzögert erzeugt, wobei die Verzögerungszeit in Einheiten von 0,5% (bzw. von 1% bei 10 000 Bd) bis zum Zehnfachen der Breite eines Bits eingestellt werden kann. In einem Empfangsteil des Telegrafieprüfgerätes wird jedes Bit des empfangenen Signals mit dem verzögerten Signal verglichen und dabei festgestellt, wieviel Prozent des empfangenen Zeichens nicht mit dem direkt aus dem Geberteil stammenden übereinstimmen.

Mit diesem Gerät kann weiterhin die Zahl der Zeichen gemessen werden, die eine bestimmte Verzerrungsgrenze überschreiten. Dabei ist die Verzerrungsgrenze in Einheiten von 1% zwischen 0 und 99% der Breite eines Bits einstellbar. Eine solche

in einem gestörten Telegrafiekanal auftretenden Verzerrungen messen.

Bei den beiden eben genannten Fällen muß das zu messende Telegrafiesignal von dem Telegrafieprüfgerät auch erzeugt und dem zu untersuchenden Telegrafiekanal zugeführt werden. Diese Forderung ist jedoch immer dann nicht zu erfüllen, wenn der Eingang eines Telegrafiekanals sich nicht am Meßplatz befindet. Trotzdem kann auch dann eine Messung mit diesem Telegrafie-Prüfgerät durchgeführt werden, wenn der Kanal dazu ungetastet bleibt, d. h. wenn das Signal auf Zeichenschritt oder auf Trennschritt verharret. Durch das Telegrafieprüfgerät wird dann am Ausgang des zu prüfenden Kanals angenommen, daß ständig Zeichen- bzw. Trennschritt gesendet wurde. Es wird zur Messung die Zeit in Einheiten eingeteilt, die der Breite eines Bits entsprechen, und innerhalb dieser Intervalle wird geprüft, zu welchem Zeitanteil davon das Zeichen nicht in der erwarteten Zeichen- bzw. Trennschrittlage war.

Die zahlenmäßige Bestimmung der Verbesserung

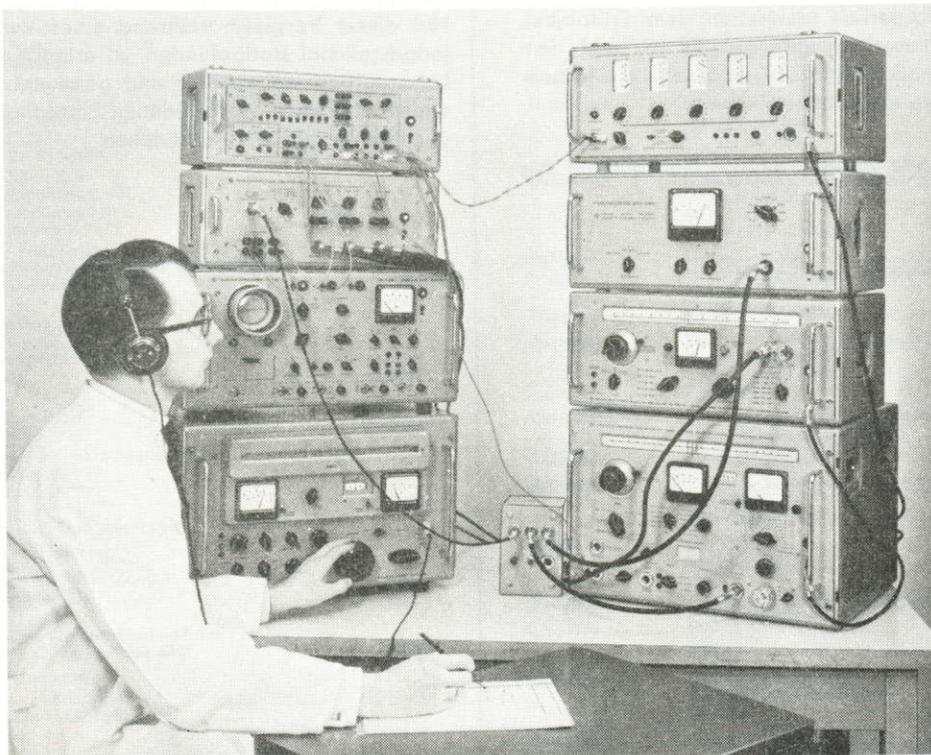


Bild 2 Ansicht eines Meßplatzes für Telegrafie-Empfangsversuche. Der Aufbau besteht aus folgenden Geräten:

12 106

Telegrafieprüfgerät	Elektronischer Zähler
Fadinggenerator	Rauschgenerator SUF
Telegrafiedemodulator NZ 07	Meßsender SMLR
Kurzwellenempfänger EK 07	Meßsender SMAR

Messung ist zur Beurteilung von gestörten Telegrafiekanälen sehr aufschlußreich. In Verbindung mit einem Klassierautomaten läßt sich darüber hinaus auch die statistische Verteilung aller überhaupt

einer Maßnahme beim Kurzwellenempfang gegenüber schon bekannten Verfahren bereitet im Labor große Schwierigkeiten. Aufgrund der sehr stark schwankenden Übertragungsbedingungen müßte

über eine lange Zeit gemessen und aus allen Meßergebnissen erst ein Mittelwert bestimmt werden. Vor allen Dingen müßte jedoch immer eine geeignete Gegenstation zur Verfügung stehen, die in ihrem Empfangspegel gerade die Werte hat, bei denen man messen möchte. Auch für eine solche Aufgabe ist ein Meßaufbau sehr viel günstiger, in dem alle Werte, z. B. der Störabstand oder Frequenzabstand eines Störsenders, eingestellt und konstant gehalten werden können. Innerhalb eines solchen Meßaufbaues muß natürlich auch das Fading berücksichtigt werden. Für Laborversuche ist ein Fadingsimulator entstanden, der die schwankenden Antennenspannungen unabhängig voneinander nachbildet. Dabei können in diesem Gerät für jeden Ausgang getrennt auch die einzelnen Umtastfrequenzen unabhängig voneinander schwanken. Wichtig dabei ist, daß die Nachbildung des Fadings durch sogenannte Zufallsgeneratoren erfolgt, die eine statistische und keine periodische Veränderung der Signalspannungen bewirken.

Bild 2 zeigt einen Meßaufbau, mit dem z. B. die Verbesserung des Antennendiversity-Verfahrens gemessen werden kann. Sie zeigt auch den Aufwand, der dazu erforderlich ist. Neben dem Prüfobjekt, hier dem Kurzwellenempfänger EK 07, und dem Telegrafiedemodulator NZ 07 sind dazu die folgenden Meßgeräte eingesetzt:

1. Ein Meßsender SMAR, für die Nachbildung des Senders.

2. Das Telegrafieprüfgerät, für die Modulation des Meßsenders und für die Messung der Telegrafieverzerrungen.
3. Ein elektronischer Zähler zum Zählen der Zeichen, die eine bestimmte Verzerrungsgrenze überschreiten.
4. Der Fadingsimulator, zur Nachbildung des selektiven Fadings von 3 Antennen.
5. Ein Rauschgenerator Type SUF, zur definierten Einstellung des Störabstandes.
6. Ein weiterer Meßsender Type SMLR, zur Einblendung von Störsendern mit definierter Amplitude und wählbarem Frequenzabstand.

Diese Aufstellung zeigt, daß es nicht ganz einfach ist, die Verhältnisse der wirklichen Empfangsbedingungen brauchbar im Labor nachzubilden. Es wird immer erforderlich sein, die in einem solchen Meßaufbau gewonnenen Meßergebnisse einmal mit den Ergebnissen zu vergleichen, die durch echte Empfangsversuche entstanden sind, und die Ergebnisse des Laboraufbaus damit sozusagen zu „eichen“. Hat dieser Vergleich während einer Versuchsreihe jedoch einmal stattgefunden, so erlaubt ein solcher Laboraufbau viel rascher und genauer, die Unterschiede zwischen verschiedenen Empfangsverfahren auch zahlenmäßig zu bestimmen.

K. Grabe

Ein Demodulator zur Wiedergabe von Einseitenbandsendungen

Die Einseitenbandtechnik beim Funkverkehr ist bereits seit etwa 30 Jahren für Überseeverbindungen in Benützung. Sie gewinnt jetzt für andere Dienste zunehmend an Bedeutung. Senderseitig besteht ihr Vorteil bekanntlich in einer besseren Ausnutzung der erzeugten Leistung, da die HF-Energie nur in einem Seitenband konzentriert ist. Die Trägerfrequenz, in der bei Zweiseitenbandsendungen der Hauptteil der Sendeleistung steckt – bei einem Modulationsgrad von 100% sind es 50% der Gesamtleistung –, wird bei Einseitenbandbetrieb gar nicht oder nur mit stark verminderter Leistung (im allgemeinen weniger als 10%) abgestrahlt. Das ist möglich, weil die Trägerfrequenz an der Nachrichtenübertragung nicht unmittelbar beteiligt ist und auf der Empfangsseite wieder zugefügt werden kann.

Gegenüber der bei Rundfunksendern üblichen Zweiseitenbandmodulation können in einem vorgegebenen Frequenzbereich fast doppelt so viele EB-Sender (Einseitenbandsender) untergebracht werden. Die bei Zweiseitenbandsendungen vor allem im KW-Bereich durch selektiven Schwund der Trägerfrequenz auftretenden nichtlinearen Verzerrungen, die zur völligen Unverständlichkeit der Übertragung führen können, fallen weg, da der Träger erst im Demodulator in ausreichender und konstanter

Diesen Vorteilen steht auch ein gewisser Nachteil gegenüber. Selektives Fading in einem Seitenband wirkt sich bei ZB-Übertragung nur wenig aus, da die betreffende Frequenz im anderen Seitenband noch einmal vorhanden ist; bei EB-Übertragung dagegen nicht. Diese „lineare“ Verzerrung spielt erfahrungsgemäß bei Telefonie keine Rolle, die Sprache bleibt verständlich. Werden in dem einen Seitenband aber Wechselstromtelegrafiesignale übertragen, so muß der Ausfall der Nachricht durch Diversity-Empfang z. B. mit einem zweiten Telegrafiekanal gleichen Nachrichteninhalts im gleichen System ausgeglichen werden. Mit einem EB-Empfänger kann auch aus einer normalen Zweiseitenbandsendung das obere oder das untere Seitenband ausgewählt werden. Das ist vor allen Dingen dann zweckmäßig, wenn eines der Seitenbänder durch ein fremdes Signal gestört wird. Der Vorteil der EB-Technik, verzerrungsfrei demodulieren zu können, bleibt dabei erhalten.

Wegen des erhöhten Aufwandes im Einseitenbandempfänger, der für den Trägerzusatz und die Seitenbandfilterung erforderlich ist, hat sich die Einseitenbandübertragung in ihrer ursprünglichen Form für den Rundfunk nicht durchsetzen können. Ein auch für den Rundfunk geeignetes Einseitenband-



Bild 1 Einseitenband-Demodulator NZ 10.

12110

Größe zugesetzt wird. Wegen der halben Bandbreite der Sendung wird der Störabstand, also das Verhältnis vom Nutzsignal zum Rauschen, um den Wert $\sqrt{2}$ verbessert, wenn man wieder mit ZB-Modulation vergleicht und gleiche Nutzleistung in den Seitenbändern voraussetzt.

Übertragungsverfahren müßte „compatibel“ sein, d. h. die Sendung müßte mit einem üblichen Rundfunkempfänger und einfacher A3-Demodulation zu empfangen sein. In letzter Zeit sind in dieser Richtung Versuche durchgeführt worden. Bei Modulation mit nur einer Tonfrequenz erhält die Sendung eine

sinusförmige Hüllkurve, obwohl ihr wesentlicher Energieinhalt im Träger und in einem Seitenband steckt. Die sinusförmige Umhüllende wäre jedoch nicht möglich, wenn nicht zumindest einige Korrekturseitenbänder auch auf der unerwünschten Seite des Trägers vorhanden wären. Diese Art der Seitenbandübertragung, die in Betracht gezogen wird, um die gegenseitige Störung von Rundfunksendungen zu verbessern, besitzt die meisten der vorher genannten Vorzüge nicht. So ist z. B. keine Modulationsart denkbar, bei der verschiedene Nachrichteninhalte in beiden Seitenbändern enthalten sind. Es ist auch nicht möglich, den Träger zu unterdrücken, und man kann auch keine Seitenbandwahl auf der Empfängerseite betreiben. Um also Verwechslungen auszuschließen, wird betont, daß im folgenden von Einseitenbandsendungen gesprochen wird, die dadurch entstanden gedacht werden können, daß die Nachricht aus ihrer ursprünglichen Niederfrequenzlage in eine hochfrequente Lage umgesetzt wird.

Empfang von Sendungen mit teilweise bzw. ganz unterdrücktem Träger

Bei der Aufnahme von Einseitenbandsendungen muß klar zwischen zwei Aufgabenbereichen unterschieden werden, nämlich wenn einmal Sendungen mit nur teilweise unterdrücktem Träger, oder aber Sendungen mit vollständig unterdrücktem Träger aufgenommen werden sollen. Die bisher hauptsächlich auch für die Überseefunkverbindungen verwendete Betriebsart ist die mit teilweise z. B. 20 db unterdrücktem Träger. Der mitübertragene Restträger hat den Vorteil, auf der Empfängerseite in einem schmalen Quarzfilter ausgesiebt werden zu können. Damit kann einerseits die Frequenz des zur Demodulation benötigten Zusatzträgers bestimmt und überdies andererseits der verstärkte und gleichgerichtete Restträger zur automatischen Pegelregelung herangezogen werden. Geräte für diese Übertragungsarten brauchen daher keine extrem hohen Anforderungen an Konstanz und Treffsicherheit zu erfüllen. Sie setzen allerdings ein geübtes Bedienungspersonal voraus, da die Abstimmung einige Erfahrungen erfordert. Andernfalls sinkt zweifellos der Geräteaufwand beträchtlich, da die Anforderungen an die Konstanz bei Sendungen ohne Träger nicht unerheblich sind. Will man z. B. auch Musikübertragungen ohne Trägerrest durchführen, so darf der Frequenzfehler nicht größer als ± 5 Hz sein, während bei Sprache ± 10 bis 20 Hz zugelassen sind, wenn es auch auf das Klangbild der Sprache ankommt, und etwa ± 50 Hz, wenn man nur Verständlichkeit der Sprache, nicht aber auch das Erkennen des Sprechers erreichen will.

Während der in diesem Abschnitt behandelte Demodulator beide Aufgabenbereiche umfaßt, ist der in einem späteren Abschnitt beschriebene vollständige Kurzwellen-Empfänger EK 11 besonders gut für

die Aufnahme von Sendungen ohne Restträger geeignet, da der hochkonstante Empfängeroszillator mit enthalten ist (siehe Seite 10).

Wirkungsweise des EB-Demodulators NZ 10

Der Einseitenbanddemodulator NZ 10 wird an den ZF-Ausgang des vorgeschalteten Empfängers angeschlossen. Der Eingang ist für eine ZF von 300 kHz ausgelegt. Die benötigte Eingangsspannung liegt bei 100 mV.

Das Eingangssignal wird in der 1. Mischstufe mit Hilfe einer Oszillatorfrequenz von 282 kHz in die zur Selektion besser geeignete Frequenzlage von 18 kHz umgesetzt. Die 18-kHz-Frequenz wird über Entkopplungsröhren den Filtern zur Trennung der Seitenbänder zugeführt. Diese Filter sind als Hoch- beziehungsweise Tiefpaß ausgeführt, da die obere Bandgrenze bereits durch die Selektion des vorgeschalteten Empfängers bestimmt wird. Am Ausgang der Filter befinden sich Regler, die zur Einstellung des gewünschten Ausgangspegels dienen. Über je eine weitere Verstärkerstufe gelangt das jetzt in das obere bzw. untere Seitenband aufgeteilte ZF-Signal zu je einem Ringmodulator, in dem es in die NF-Lage umgesetzt wird. Die Umsetzerfrequenz – der örtlich erzeugte Träger – wird von einem quarzstabilisierten Oszillator geliefert. Die getrennten NF-Signale durchlaufen jeweils eine weitere Verstärkerstufe und einen Tiefpaß mit einer Grenzfrequenz von 7 kHz. Die Tiefpässe befreien die NF von restlichen HF-Spannungen bzw. von hochfrequenten Mischprodukten. Durch je einen weiteren einschaltbaren Hochpaß mit der Grenzfrequenz von 300 Hz lassen sich etwa vorhandene Brummstörungen unterdrücken. Über die Endstufen und die Ausgangstransformatoren gelangen die NF-Signale erdfrei zu den Anschlußbuchsen. Außer diesen festen Ausgängen ist für Kontrollzwecke ein weiterer umschaltbarer Abhörausgang vorhanden.

Damit die Frequenz des Signalträgers in der ZF mit dem örtlich erzeugten Zusatzträger übereinstimmt, ist eine automatische Frequenzregelung vorhanden. Zu diesem Zweck wird nach der 1. Mischstufe der Träger bzw. der Trägerrest mit der Frequenz von 18 kHz durch ein schmales Quarzfilter großer Flankensteilheit herausgesiebt. Die Trägerfrequenz, die nun von allen Seitenbandfrequenzen befreit ist, gelangt über eine Verstärkerstufe zu einer weiteren Mischstufe, in der sie mit Hilfe des auf 268 kHz schwingenden Quarzoszillators auf eine Frequenz von 250 kHz umgesetzt wird. Diese nochmalige Umsetzung ist deshalb erforderlich, weil man bei der höheren Frequenz eine größere Bandbreite des nachfolgenden Quarz-Diskriminators erreicht. In diesem Diskriminator wird das Nachstimmkriterium

Ein Kurzwellenempfänger besonders hoher Konstanz und Treffsicherheit

Will man ein modernes kommerzielles Funknetz mit einer sehr hohen Gesprächsdichte für den KW-Bereich aufbauen, so kommt dafür nur die Einseitenbandübertragungstechnik und insbesondere die im vorhergehenden Aufsatz besprochene EB-Technik ohne Träger in Frage. Die trägerlose Einseitenbandübertragung hat über die früher genannten Vorteile

Die in den letzten Jahren entwickelten Generatoren, die nach dem Verfahren der Frequenzsynthese arbeiten, erlauben nun eine dekadische oder auch stufenlose Frequenzeinstellung, die quarzgenau bzw. fast quarzgenau ist. Die Genauigkeit dieser Oszillatoren wird nämlich von einem einzigen Steuerquarz, von Vielfachen und Teilen dieser Quarzfrequenz und



Bild 1 Kurzwellen-Empfänger EK 11 in Tischgestellausführung.

11130

hinaus noch den Vorzug, daß bei fehlender Modulation keine HF-Energie abgestrahlt wird; damit ist auch eine Peilung des Senderstandortes erschwert.

einem kontinuierlich durchstimmbaren Oszillator niedriger Frequenz mit kleiner Frequenzvariation bestimmt.

Durchstimmbare Oszillatoren mit einer Frequenzvariation von $10 \dots 20\%$ sind bei sorgfältigem Aufbau und bei einer Schwingfrequenz von etwa 100 kHz mit einer Genauigkeit von $10^{-4} \dots 10^{-5}$ herstellbar. Sorgfältig dimensionierte Quarzgeneratoren ergeben eine Langzeitkonstanz in der Größenordnung von $10^{-7} \dots 10^{-9}$. Werden diese Oszillatoren beim Sender und Empfänger verwendet, dann reicht ihre Genauigkeit für die hier beschriebenen Modulationsverfahren aus. Man kann also durchstimmbare Funkverbindungen aufbauen, wobei Sender und Empfänger nur nach der Skala eingestellt werden. Die Abstimmung kann auch von weniger geübtem Personal durchgeführt werden.

Wenn die zur Zeit diskutierten Pläne durchgeführt werden, ein weltweites „Normalfrequenznetz“ zu errichten, so daß also die „Normalfrequenz aus der Steckdose“ bezogen werden kann, dann lassen sich von diesem Netz praktisch sämtliche Frequenzen mit höchster Genauigkeit in bezug auf das Normal ableiten. Treffsicherheit und Konstanz der Geräte sind dann praktisch beliebig hoch.

Für Überwachungszwecke ist ein Empfänger mit derartig hoher Auflösung der Frequenzeinstellung einem Empfänger mit großem kontinuierlich durchstimmbaren Bereich unterlegen. Darauf wurde bereits in dem Artikel über den EK 07 eingegangen (siehe Heft 8, Seite 11).

Wirkungsweise des Empfängers EK 11

Der Kurzwellenempfänger EK 11 besteht aus 3 Einschüben und ist in einem Tischgestell untergebracht. Der Empfängereinschub unterscheidet sich hinsichtlich seiner HF- und ZF-Stufen nur wenig von dem des EK 07. An den Ausgang des ZF-Verstärkers sind

mechanische Filter zur Trennung der Seitenbänder angeschlossen. Der Nachrichteninhalt der Seitenbänder steht an getrennten Ausgängen zur Verfügung. Für Zweiseitenbandempfang ist ein weiterer Ausgang vorhanden. Ein umschaltbarer Abhör Ausgang mit einer Leistung von 2 W erlaubt eine Kontrolle mit einem normalen Lautsprecher.

Wesentlich ist, daß im Empfängereinschub bis auf den A1-Überlagerer kein weiterer Oszillator enthalten ist. Die Frequenz für die Ansteuerung der 1. und 2. Mischstufe sowie der Gegentaktmodulatoren in den Seitenbandkanälen wird der in 2 weiteren Einschüben untergebrachten „Dekadischen Steuerstufe“ NO 262 entnommen. Die Einstellung der Oszillatorfrequenz für die 1. Mischstufe erfolgt dekadisch in quarsgenauen MHz-, 100-kHz- und 10-kHz-Schritten und kontinuierlich mit einem veränderbaren Oszillator, der eine stufenlose Frequenzeinstellung zwischen den 10-kHz-Schritten der letzten Dekade erlaubt. Wenn auf einen Sender abgestimmt wird, dann muß die Oszillatorfrequenz genau um den Betrag der Zwischenfrequenz von 3,3 MHz oder 300 kHz über oder unter der Empfangsfrequenz liegen. Um bei der Abstimmung die lästige Umrechnung zu sparen, sind deshalb auf den Skalen des Empfängers neben den Empfangsfrequenzen auch die einzustellenden Oszillatorfrequenzen angegeben. Oberhalb 6,1 MHz Empfangsfrequenz arbeitet der Empfänger mit zwei Zwischenfrequenzen.

Der in der Dekade untergebrachte Steuerquarz und der kontinuierlich durchstimmbare Oszillator können in einfacher Weise nachgeeicht werden. Dazu braucht man den Empfänger nur auf eine der zahlreichen Normalfrequenzen abzustimmen und auf „Schwebungsnull“ (Anzeige durch Instrument) einzuregulieren. Die Treffsicherheit und Konstanz wird dann im wesentlichen vom durchstimmbaren Oszillator bestimmt. Die Frequenzkonstanz einschließlich Ab-

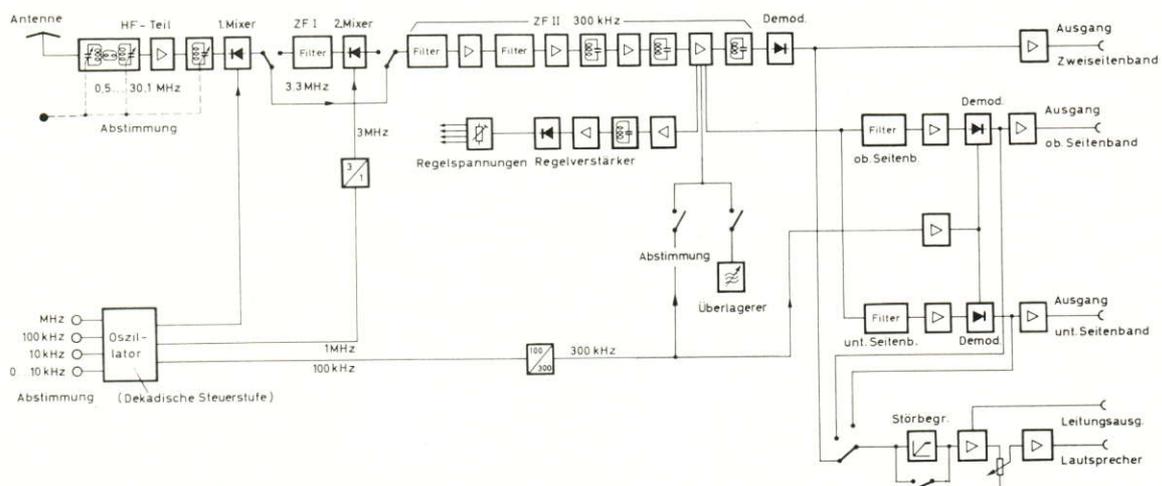


Bild 2 Kurzwellen-Empfänger EK 11. Vereinfachtes Blockschaltbild.

lese- und Eichfehler der Skala beträgt über 24 Stunden etwa ± 5 Hz. Frequenzmessungen sind also mit hoher Genauigkeit durchführbar.

Nicht ganz ohne Probleme ist die Dimensionierung der automatischen Fadingregelung. Während bei Zweiseitenbandempfang die Regelung nach dem Mittelwert des Signals, also praktisch nach dem Träger erfolgt, ist dies bei trägerlosem Einseitenbandverkehr nicht möglich. Die Empfangsbedingungen liegen ähnlich schwierig wie bei getasteten A1-Signalen. Bei A3-Empfang kann die Regelzeitkonstante kurz sein, z. B. 0,1 s, mit gleichlanger Ein- und Ausschwingzeit. Feldstärkeschwankungen werden bei dieser Zeitkonstante recht gut ausgeregelt. Bei A1-Empfang muß die Einschwingzeit zur Vermeidung von Übersteuerung kurz sein, die Ausschwingzeit aber lang, damit in den Tastpausen der Störpegel nicht hochgeregelt wird. Jedoch darf die Einschwingzeit nicht so kurz sein, daß Störimpulse den Empfänger blockieren können.

Für Seitenbandsendungen ohne Träger kommt erschwerend hinzu, daß die senderseitig abgestrahlte Amplitude nicht zwischen 0 und 100% wie bei A1-Signalen schwankt, sondern je nach Nachrichteninhalt und Modulationsgrad beliebige Zwischenwerte annehmen kann. Für die Einschwingzeit gilt das bei A1-Empfang Gesagte. Die Ausschwingzeit muß aber zwangsläufig verlängert werden, damit Zeitabschnitte mit kleinem Modulationsgrad überbrückt werden können. Die Ausschwingzeit darf aber nicht so lang sein, daß Dämpfungsschwund große Einbrüche hervorruft. Empfangsversuche haben gezeigt, daß ein brauchbarer Kompromiß erreicht werden kann.

Wie der EK 07, so bietet auch der EK 11 die Möglichkeit des Empfanges mit Hand- und kombinierter

Hand + Automatik-Regelung. Der Vorteil der H+A-Regelung liegt darin, daß die Grundverstärkung so gewählt werden kann, daß in langen Modulationspausen die Verstärkung nicht voll, sondern nur bis zu einem einstellbaren Schwellwert hochgeregelt wird. In Modulationspausen kann der Störabstand weitgehend erhalten werden. Zu bemerken ist noch, daß eine lange Ausschwingzeit auch eine durch selektiven Trägerschwund gestörte Zweiseitenband-Übertragung verbessern kann. Selektiver Trägerschwund hat sonst wegen der damit verbundenen Reduzierung der Regelspannung eine größere Verstärkung und Lautstärke mit erhöhtem Klirrfaktor zur Folge.

Mit dem Empfänger EK 11 steht somit ein Gerät zur Verfügung, mit dem auch Funknetze aufgebaut werden können, über die Wechselstromtelegrafensignale mit ihren hohen Anforderungen an die Frequenzkonstanz übertragen werden können, ohne daß geübtes Funkpersonal zur Verfügung steht. Der ganze KW-Bereich ist abstimmbare.

Die grundsätzliche Wirkungsweise der im Kurzwellenempfänger EK 11 verwendeten „Dekadischen Steuerstufe“ ist bereits in folgenden Heften behandelt worden:

1. Flicker H.,
Meßgeneratoren nach dem Verfahren der Frequenzsynthese.
R & S-Mitteilungen, H. 15 (1961), S. 6–10.
2. Meßgeneratoren nach dem Verfahren der Frequenzsynthese.
R & S – Die Kurzinformation, H. 5/6 (1962), S. 42–44.

S. Wagner

Eine Kurzwellen-Überwachungsanlage

Die in den vorhergehenden Artikeln behandelten Geräte, der Kurzwellenempfänger EK 07, der Telegrafiedemodulator NZ 07, der Einseitenbanddemodulator NZ 10 sowie die Dekadische Steuerstufe NO 262 des Kurzwellenempfängers EK 11 sind in einer KW-Überwachungsanlage zusammengefaßt worden.

Diese Anlage wird dadurch zu einer vielseitig verwendbaren Empfangseinrichtung hoher Konstanz und Treffsicherheit. Trotzdem ist sie verhältnismäßig leicht zu bedienen. Ein zusätzlich eingebautes Umschaltfeld erleichtert die Kontrolle.

Die Anlage umfaßt den Frequenzbereich von 0,5...30,1 MHz. Es können mit ihr Signale mit folgenden Modulationsarten empfangen werden:

A1 A2 A3 A3A A3B A3J A4 F1 F4 F6

Die Anlage besitzt Anschlüsse für drei 60-Ω-Antennen, welche wahlweise direkt an den Empfänger geschaltet werden können oder erst ein im Telegrafiedemodulator untergebrachtes Antennenwahlgerät durchlaufen müssen. Der Empfänger kann wahlweise mit seinen eigenen Oszillatoren arbeiten und besitzt dann die für den Empfänger EK 07 genannte Genauigkeit, oder er kann auf

Die Eigensteuerung ist dann vorteilhaft, wenn ein größerer Frequenzbereich durchgestimmt werden soll, denn für Suchzwecke ist eine dekadische Abstimmung ungeeignet. Hat man aber die interessierende Frequenz gefunden, dann kann sie nach Einschaltung der Steuerstufe mit hoher Genauigkeit eingestellt oder ausgemessen werden. Auf den Bereichskalen des Empfängers ist neben der Empfangsfrequenz zusätzlich die Oszillatorfrequenz angegeben, so daß Umrechnungen erspart bleiben.

Die NF-Ausgänge des Empfängers sowie der ZF- und der Regelspannungsausgang sind an einer Anschlußplatte an der Rückseite der Anlage zugänglich. Der Eingang des Telegrafiedemodulators ist an den ZF-Ausgang des Empfängers angeschlossen. Im Telegrafiedemodulator befinden sich neben den Demodulationseinrichtungen für A1, F1, F4 und F6 Ortsstromgeräte, so daß Schreibgeräte, z. B. Fernschreibmaschinen, direkt an die Ausgänge angeschlossen werden können. Das Antennenwahlgerät (ein getrennter Baustein im Demodulator NZ07) erlaubt eine automatische Umschaltung auf eine andere Antenne, die dann wirksam wird, wenn ein vorgegebener Schwellwert des Empfangs- bzw. ZF-signals der durchgeschalteten Antenne unterschritten wird (Antennen-Diversity). Stehen nur zwei An-

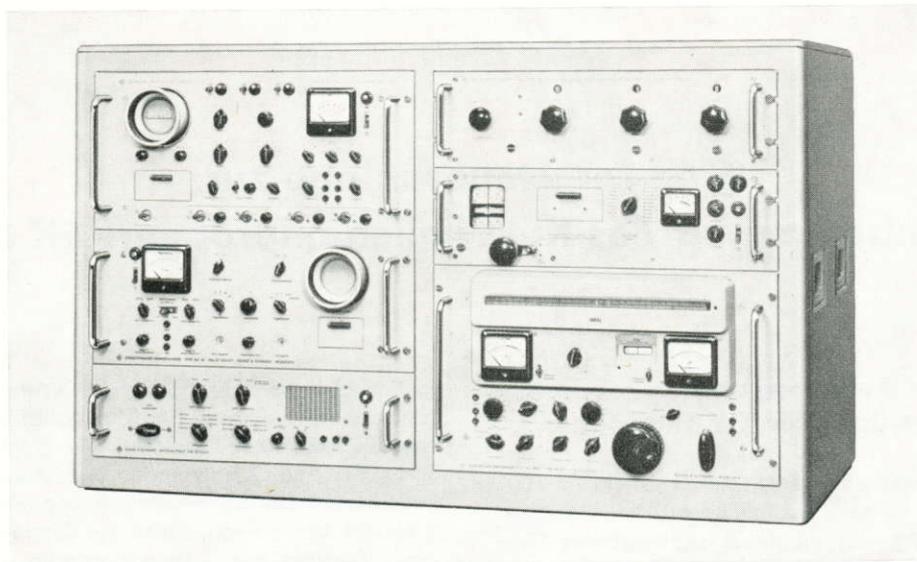


Bild 1 Kurzwellenüberwachungsanlage NK 701 in Tischgestellausführung.

9676

Fremdsteuerung umgeschaltet werden und bezieht dann die Oszillatorfrequenzen aus der Dekadischen Steuerstufe. Im zweiten Fall ist durch die Steuerstufe die gleiche Treffsicherheit und Konstanz wie beim KW-Empfänger EK 11 gegeben.

tennen zur Verfügung, dann kann auf Zweifach-Antennen-Diversity-Betrieb umgeschaltet werden.

Ebenfalls an den ZF-Ausgang des Empfängers ist der Einseitenbanddemodulator angeschlossen. Sen-

dungen mit Träger bzw. Trägerrest werden frequenzmäßig richtig demoduliert, wenn die Frequenzregelung eingeschaltet wird. Für Sendungen

zielen, wird die Frequenz des Empfängeroszillators zweckmäßig von der Dekadischen Steuerstufe bezogen. Sämtliche NF-Ausgänge können außerdem

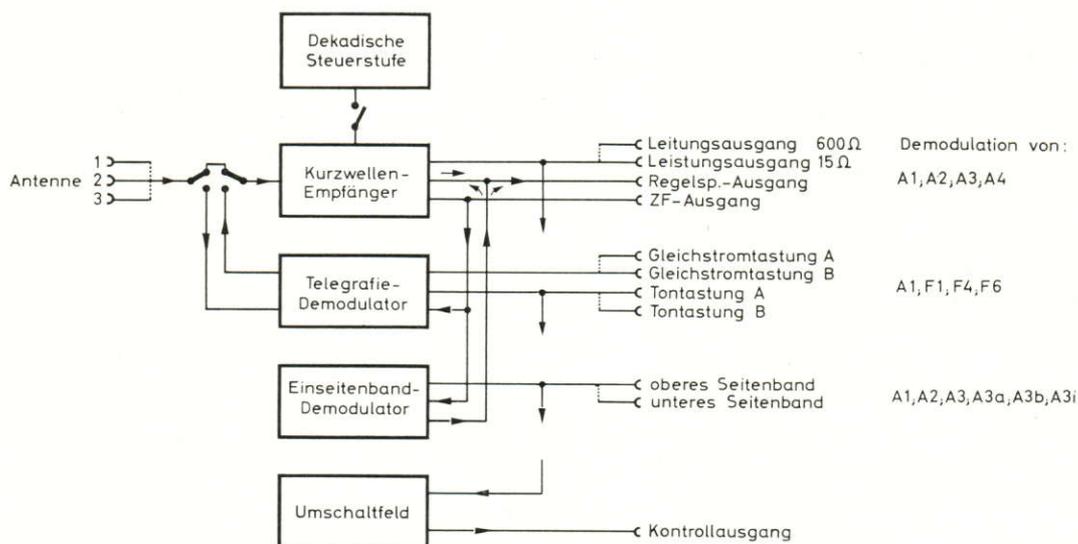


Bild 2 Kurzwellenüberwachungsanlage NK 701. Blockschaltbild (stark vereinfacht)

ohne Träger kann auf einen Quarzoszillator umgeschaltet werden. Um dabei hohe Konstanz zu er-

einem Umschaltfeld zugeführt werden, das mit einer Mithöreinrichtung ausgerüstet ist.

S. Wagner

Eine Fernsteueranlage zur Fernbedienung des Kurzwellenempfängers EK 07

Zweck und Aufgaben einer Fernsteueranlage für KW-Empfänger

Bei der Planung einer Funkempfangsstelle im HF-Gebiet ist es für den Aufstellungsort der Antennen von Bedeutung, ein möglichst störungsfreies Gelände zu finden. Es soll daher weit entfernt von Städten liegen, in denen bekanntlich starke Störstrahlungen entstehen. Geeignete Landschaften sind Meeresküsten und Moorgegenden. Auch auf hohen Berggipfeln ist meist ein guter Empfang gewährleistet. Diese Gebiete sind nur wenig bewohnt und haben somit den Nachteil, daß das zur Bedienung der Empfangsanlage notwendige Personal aus den umliegenden Wohnorten hergebracht werden

muß. Daher entsteht häufig der Wunsch, die Betriebszentrale in einer Stadt zu schaffen, von der aus die Möglichkeit besteht, die Empfänger einschließlich der Zusatzgeräte und Antennen fernzubedienen. Bei der Weiterplanung eines solchen Projektes können sogar mehrere Empfangsorte von einer Zentrale aus gesteuert werden, so daß bei Störungen, z. B. auch durch Unwetter an einem Empfangsort, eine Umschaltung auf eine andere Empfangsstelle erfolgen kann.

In diesem Zusammenhang entstehen sofort zwei Fragen: Wie muß die Verbindung zwischen Zentrale und Empfangsanlage bei der großen Anzahl von Bedienungsorganen beschaffen sein und wie sehen die Bedienungsgeräte aus?

Verbindungsleitungen

Die Anzahl der Verbindungsleitungen, die man zwischen Empfangsort und Zentrale benötigt, ist ein entscheidender Punkt bei der Planung von Fernsteueranlagen, da bei größeren Entfernungen erhebliche Kosten durch Kabelmiete entstehen. Das Ziel der Entwicklung war daher, den Betrieb einer Fernsteuerung des KW-Empfängers EK 07 mit all seinen Bedienungsorganen über nur eine Fernsprechzweidrahtleitung im Frequenzbereich von 300–3400 Hz durchzuführen, ohne daß sich dabei die Eigenschaften des Empfängers verschlechtern sollen. Die Leitung wird in beiden Richtungen ausgenutzt, so daß zum Empfänger hin die Steuerbefehle und gleichzeitig in Richtung vom Empfänger zur Zentrale das demodulierte Signal übertragen werden. Der abgesetzte Empfänger kann direkt von einem geringfügig veränderten Telefon angewählt und fern-

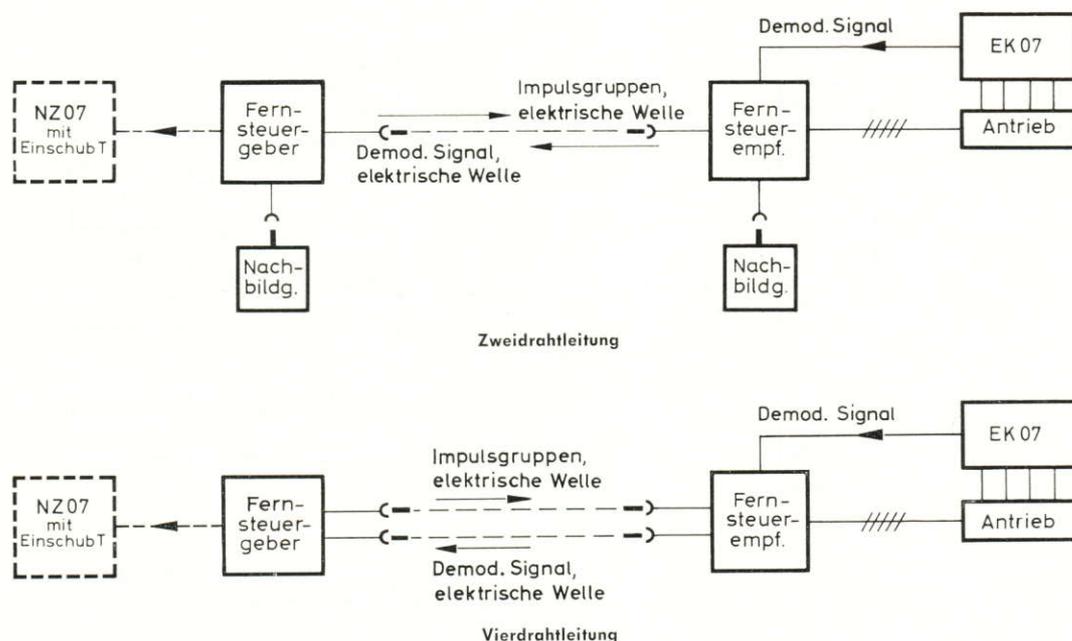
Leitung zur Zentrale notwendig. Sollen Zusatzgeräte, z. B. der Einseitenbanddemodulator NZ 10 oder Antennen, ferngesteuert werden, so ist unter Umständen eine weitere Leitung erforderlich. Die Bilder 1 a und 1 b zeigen verschiedene Schaltungsmöglichkeiten zur Fernbedienung des Kurzwellen-Empfängers EK 07, entsprechend den vorhandenen Leitungsarten.

Die Fernsteueranlage NZ 02

Bild 2 zeigt die Ansicht der Fernsteueranlage für den EK 07. Auf der linken Seite ist das Kommandoorgan (der Geber) zu sehen, rechts oben das abgesetzte Befehlsempfangsgerät, darunter der Kurzwellenempfänger EK 07 mit der dazugehörigen Antriebseinheit.

Der Benutzer in der Zentrale hat einen Fernsteuergeber vor sich, der praktisch die gleiche Frontplat-

Bild 1 a Die für die Fernsteuerung des Kurzwellenempfängers EK 07 und der Zusatzgeräte notwendigen Verbindungsleitungen. Grenzfrequenz 3400 Hz.



gesteuert werden. Die dazugehörigen Gabeln sind in den Geräten vorhanden. Die Anschaltung von Leitungsnachbildungen ist jedoch an beiden Enden erforderlich.

Ferner muß die Verwendung von anderen, bereits vorhandenen Leitungstypen möglich sein, wie z. B. Vierdrahtverbindungen im Übertragungsbereich von 300–3400 Hz, die teils aus Drahtleitungen, teils aus Funkstrecken oder Trägerfrequenzeinrichtungen zusammengesetzt sein können. Vierdrahtverbindungen vereinfachen den Betrieb durch den Wegfall von Gabeln und die nicht immer ganz einfach herzustellenden Leitungsnachbildungen. Bei Verbindungen mit geringer Bandbreite ist jedoch für die Übertragung des demodulierten Signales eine eigene

tenansicht hat wie der fernbediente Empfänger selbst. Es sind lediglich einige zusätzliche Bedienungsorgane vorhanden, die zum Angleichen des Gebers an den Empfänger beim Einrichten einer neuen Verbindung und zur Überwachung notwendig sind.

Im einzelnen werden folgende Bedienungsvorgänge ferngesteuert:

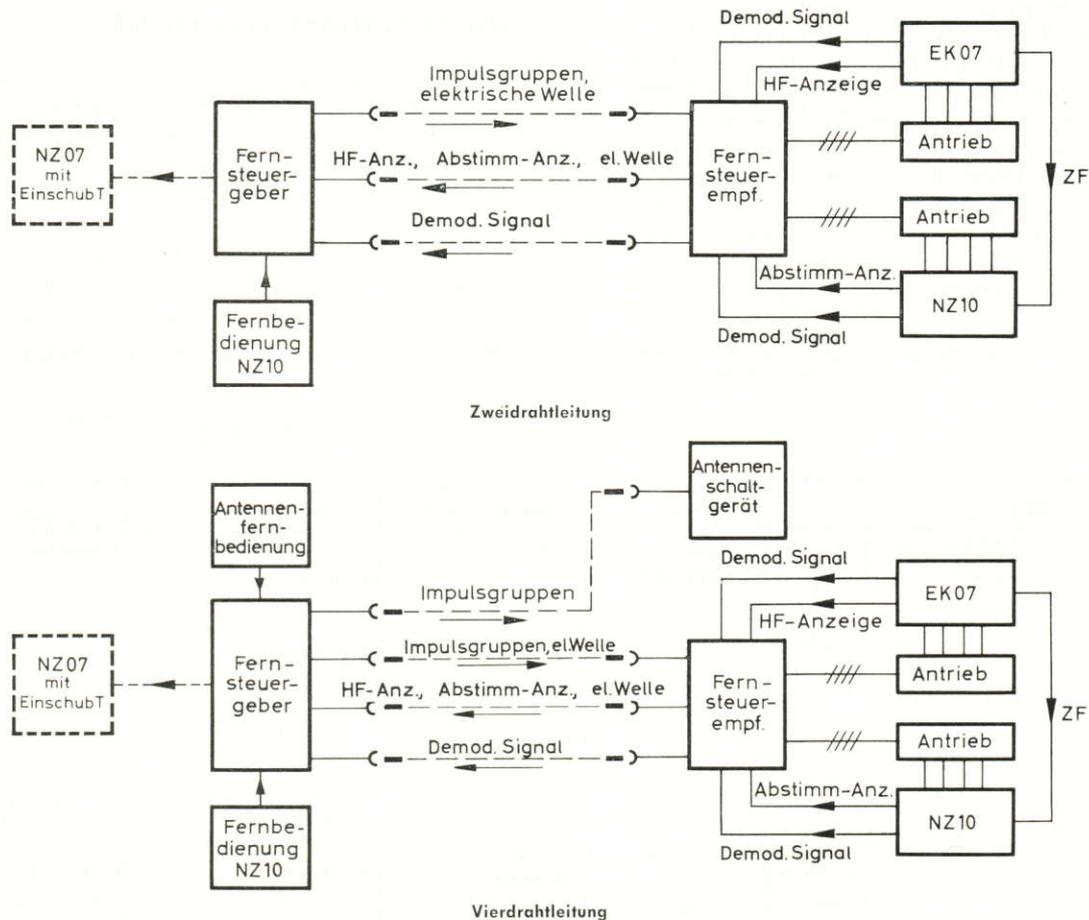
1. Netzschalter:
Ein – Aus.
2. Wellenbereich:
Alle Wellenbereiche sind voreinstellbar. Eine Eichstellung dient zur Herstellung des Gleichlaufs.

3. Bandbreite:
Es können sechs Bandbreitenbereiche gewählt werden.
4. A1-Überlagerer:
Aus, + 1 ... + 3 kHz, - 1 ... - 3 kHz.

Die Fernbedienung von Schaltern

Die Fernbedienung der Schalter, wie z. B. des Wellenbereichsschalters geschieht durch Wechselstromimpulse. Jeder Schalterstellung ist eine gewisse An-

Bild 1b Die für die Fernsteuerung des Kurzwellenempfängers EK 07 und der Zusatzgeräte notwendigen Verbindungsleitungen. Grenzfrequenz 2700 Hz.



5. Regelart:
Hand, Hand + Automatik, Automatik.
6. Regelzeitkonstante:
0,1 s, 1 s, 10 s.
7. Eichquarz:
Ein - Aus.
8. Verstärkungsregelung:
Kontinuierliche Veränderung des Handreglers im Empfänger.
9. Frequenzeinstellung:
Die Frequenzeinstellung ist in einen Grobtrieb mit Motorsteuerung und in eine von Hand bedienbare Feineinstellung aufgeteilt. Frequenzablesung am Bedienungsort.
10. Abstimmkontrolle:
Ein - Aus.
11. Arretierung der Frequenzeinstellung:
Ein - Aus.

zahl von Impulsen zugeordnet, die durch einen vor-einstellbaren elektronischen Zähler bestimmt ist. Auf der Empfangsseite wird die Anzahl der Impulse nach Selektion der Trägerfrequenz und nach Gleichrichtung in einem elektronischen Zähler festgestellt. Die Stellung des Zählers ist nun dafür verantwortlich, welcher von den Antriebsmotoren im Antriebsteil in Bewegung gerät. Ein mitlaufender Schalter auf der jeweiligen Motorachse bewirkt, daß der Motor wieder zum Stillstand kommt, wenn die gewünschte Position erreicht ist.

Der Befehl zum Aussenden der Steuerimpulse durch den Geber entsteht nicht sofort beim Drehen eines Schalterknopfes. Durch eine mechanische Verriegelung wird zunächst das Drehen des Schalterknopfes sogar verhindert. Erst nach einem Druck auf den Schalterknopf läßt sich dieser in die gewünschte Position eindrehen, wobei der elektronische Zähler voreingestellt wird. Beim Loslassen des Knopfes wird dann die der neuen Lage entsprechende An-

zahl von Impulsen vom Geber ausgesendet. Während der Impulsübertragung werden alle Knöpfe mechanisch verriegelt, damit eine gleichzeitige Ausendung von mehreren Befehlen verhindert wird. Es muß also immer erst die Übermittlung einer Schalterstellung erledigt sein, bevor ein weiterer Befehl den Geber verlassen kann. Die Sperrzeit dauert

geschwindigkeit ist die Fehlerwahrscheinlichkeit außerordentlich gering. Leitungsunterbrechungen werden auf der Geberseite durch das Aufleuchten einer roten Lampe im linken Instrument angezeigt. Technisch bereitet die Schalter-Fernsteuerung keine Schwierigkeiten. Bei der Einstellung des Bereichsumschalters mit seinen 12 Schaltstellungen würde

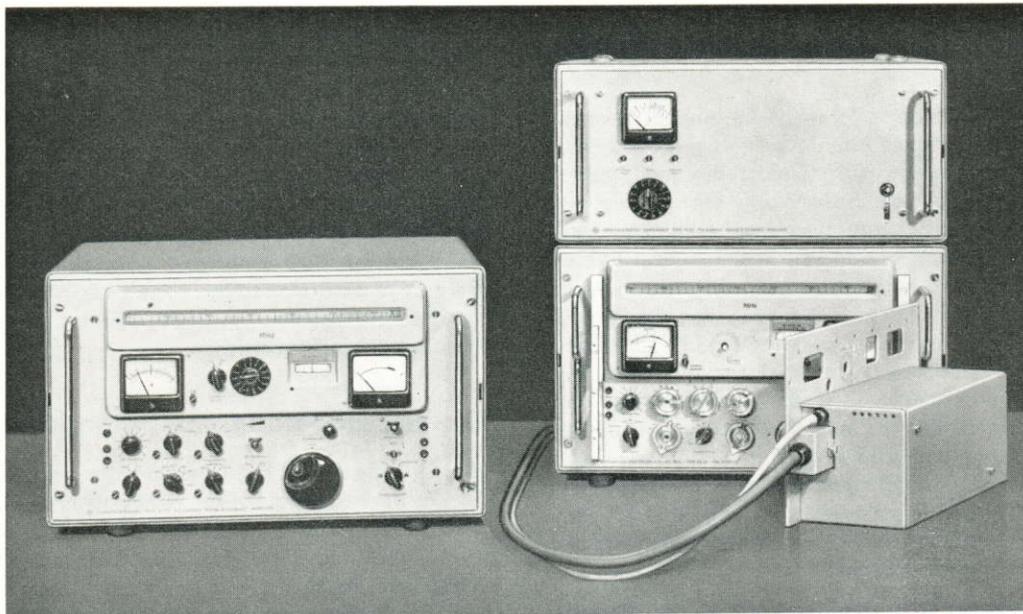


Bild 2 Fernsteuereinrichtung zum KW-Verkehrsempfänger EK 07. Links: Das Bedienungsgerät auf der Geberseite. Rechts: Der sonst abgesetzte Empfänger. Der Antriebsteil ist von der Frontplatte weggeklappt. Die automatisch rastenden Kupplungen, die als Bedienungsknöpfe dienen können, sind zu sehen

9843

insgesamt etwa 2 Sekunden. Darin ist auch die Zeit enthalten, die der Motor auf der Empfängerseite benötigt, um den Schalter in die gewünschte Position zu bringen. Am Geber ist diese Einlaufzeit am Aufleuchten einer roten Lampe im rechten Instrument zu erkennen.

Allein für die Fernbedienung des Empfängers EK 07 sind 27 verschiedene Befehle zu übermitteln. Bei Verwendung von nur einer Impulsträgerfrequenz wäre für den Zähler einmal ein zu großer Aufwand erforderlich, und andererseits würde die Übertragung bei optimaler Impulslänge sehr lange dauern. Die Benutzung von zwei Impulsträgerfrequenzen stellt eine günstigere Lösung dar, da nur die halbe Anzahl der Impulse gebraucht wird.

Da für die meisten Verbindungen zwischen Geber und Empfänger Fernsprechleitungen zur Verfügung stehen, werden für die Impulsdauer ähnliche Zeiten wie bei den Wählimpulsen des Fernsprechverkehrs vorgesehen. Wählergeräusche haben keinen störenden Einfluß. Um größtmögliche Sicherheit bei der Impulsübertragung zu erreichen, sind zwei Vorläuferimpulse vor die einzelnen Impulsgruppen gesetzt. Einzelne Störimpulse beeinflussen die Funktionen nicht, und in Verbindung mit der selektiven Filterung der Impulse und der mäßigen Übertragungs-

bei Verwendung einer definierten Impulsgruppe pro Stellung eine sehr große Anzahl von Impulsen erforderlich sein. Eine Abhilfe dagegen bietet die Fortschaltung um jeweils nur einen Schritt, wobei jedoch zusätzlich eine Entscheidung beim Antrieb für Rechts- oder Linkslauf getroffen werden muß. Damit sind nur zwei Impulsgruppen notwendig. Auf der Geberseite sind die Bereiche voreinstellbar. Um kurze Einstellzeiten zu erzielen, ist die Entscheidung wichtig, ob der gewünschte Frequenzbereich am schnellsten durch Rechts- oder Linksdrehung des Bereichsschalters erreicht wird. Der Bediende braucht diese Entscheidung jedoch nicht selbst zu treffen. Nach Voreinstellung der gewünschten Schalterstellung am Geber tritt eine Schaltung in Tätigkeit, die den neu eingestellten Bereich mit dem bisherigen vergleicht. Eine Brückenschaltung entscheidet über Rechts- oder Linkslauf und gibt dann den Befehl zum Aussenden der Impulse, d. h. zum Weberschalten um eine Schaltstellung. Gleichzeitig mit der Aussendung der Impulse dreht sich die Skalentrommel im Geber ebenfalls um einen Schritt in der gleichen Richtung weiter. Danach wird die neue Einstellung geprüft. Ist noch keine Übereinstimmung vorhanden, so wird die gleiche Anzahl von Impulsen wieder abgesandt, und zwar so oft, bis sich die voreingestellte mit der eingenommenen Stellung deckt.

Beim Neueinrichten von Fernsteuerverbindungen oder bei der Fernsteuerung mehrerer Empfänger durch einen Geber kommt es vor, daß der Frequenzbereichsschalter des Gebers mit dem des Empfängers in Übereinstimmung gebracht werden muß. In der Stellung „Gleichlauf Bereich IV“ wird eine Impulsgruppe ausgesendet, die den Empfänger, gleich aus welchem Frequenzbereich, in den Bereich IV einlaufen läßt. Gleichzeitig dreht sich auch die Skalentrommel im Geber auf den Bereich IV, so daß der Betrieb im gleichen Bereich wieder gewährleistet ist.

Auf der Empfängerseite wird die Anzahl der Impulse einer Gruppe ebenfalls in einem elektronischen Zähler festgestellt. Gleichzeitig muß jedoch noch zusätzlich eine Auswertung der gerade ankommenden Impulsträgerfrequenz erfolgen. Zwei Filter am Eingang sind für die Trennung der beiden möglichen Impulsträgerfrequenzen vorgesehen. Nach dieser Selektion teilt sich der Weg der ankommenden Impulse: der eine führt über die Gleichrichtung und Differenzierung zu den einzelnen Zählstufen, während der andere über die Gleichrichtung und Integration zu den zu einer Kette zusammengefaßten sogenannten Auskoppelstufen führt. Jede Zählstufe hat zwei parallelgeschaltete Auskoppelstufen. Die Größe der Impulsträgerfrequenz ist dafür entscheidend, welche von beiden zur Weiterleitung des Fernsteuersignals verwendet wird.

Im Antriebsteil der Fernsteueranlage ist für jede Schalterachse des EK 07 ein Baustein mit Wechselstrommotor und Getriebe und einem zusätzlichen Steuerschalter vorgesehen. Der Schleifer dieses

Linkslauf veranlaßt. Bild 3 zeigt das Blockschaltbild für die Fernübertragung von Schalterstellungen. So lassen sich die verschiedenartigsten Schalter nach einer Art Baukastensystem fernsteuern.

Bei Schaltern, die sich um mehr als 360° drehen müssen, ist dieses Verfahren nicht ohne weiteres anwendbar. Die Definition einer bestimmten Stellung wird schwierig. Beim Empfänger EK 07 kommt ein solcher Durchdrehschalter bei der Frequenzbereichswahl vor. Das Durchlaufen der 12 Bereiche erfordert eine $3 \times 360^\circ$ -Drehung des Bereichsknopfes. Die bei der Empfangselektronik ankommende Impulsgruppe bewirkt immer nur die Links- oder Rechtsdrehung des Bereichsschalters um 90° . Der Befehl „Eichen“ kann jedoch das mehrmalige Umlaufen notwendig machen. Um diese Schwierigkeit zu umgehen, muß vor dem sogenannten Steuerschalter ein Getriebe 1 : 3 eingebaut werden, so daß der Bereich IV eine eindeutige Lage hat. Damit können auch solche Schalter in Gleichlauf mit der Geberanzeige gebracht werden.

Die Fernsteuerung von Potentiometern

Die einfachste Art, ein Potentiometer fernzusteuern, ist die Verwendung zweier Tonfrequenzen. Die Anwesenheit der einen Frequenz auf der Empfangsstelle gibt nach Selektion und Gleichrichtung ein Signal zur Rechtsdrehung des Antriebsmotors, während die andere Frequenz für die Linksdrehung zuständig ist. Auf diese Weise ist jedoch auf der Geberseite eine Anzeige der Stellung des Potentiometers nicht möglich. Das in der Fernsteueranlage

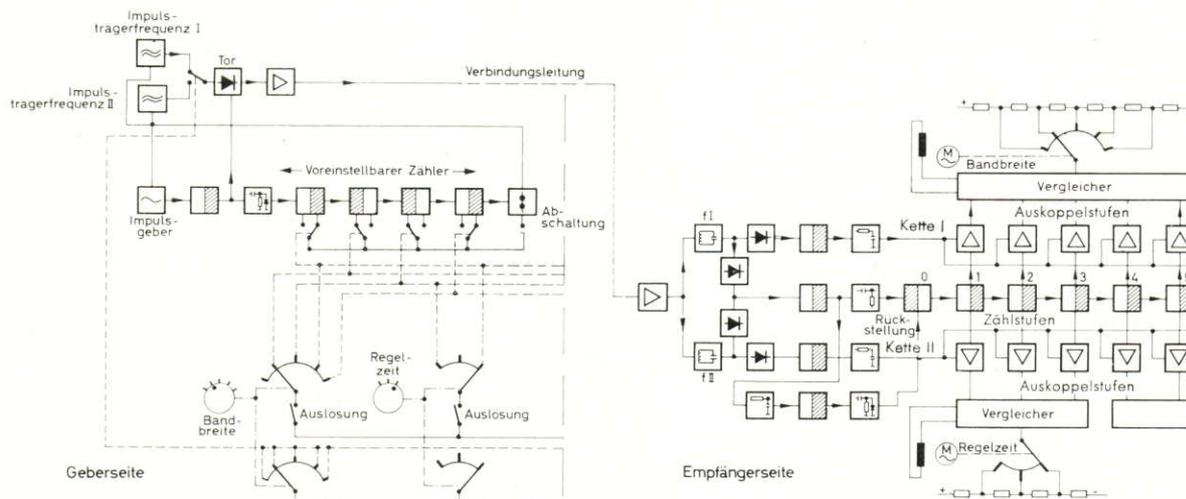


Bild 3 Blockschaltbild für die Fernübertragung von Schalterstellungen. Links: Auslösung einer von der Schalterstellung abhängigen Anzahl von Impulsen durch einen voreinstellbaren Zähler. Rechts: Zählen der ankommenden Impulse und Auswertung für die einzelnen Antriebsmotoren.

Schalters greift die Anschlüsse einer Widerstandskette ab, die den einen Zweig einer Brückenschaltung darstellt, während der andere Teil der Brücke von der angeschalteten Auskoppelstufe gebildet wird. Je nach Polarität der Diagonalspannung wird der Antriebsmotor zum Rechts- oder

angewandete Verfahren läßt jedoch eine genaue Stellungsanzeige des Reglers auf der Geberseite zu.

Das Gebergerät hat einen geeichten HF-Regler an der gleichen Stelle und in der gleichen Form wie beim EK 07 selbst. Ein Tonfrequenzträger wird mit

50 Hz frequenzmoduliert, und zwar so, daß der Hub der Stellung des mit einer Skala versehenen Potentiometers entspricht. Die Demodulation des frequenzmodulierten Signales geschieht durch einen Diskriminator. Das auf diese Weise gewonnene Signal wird mit einer Gleichspannung verglichen,

von besonders aufgebauten bistabilen Elementen, nämlich polarisierten mechanischen Relais, vermieden. Beim Wiederkehren der Spannung nach Netzausfall oder beim Zusammenschalten unterbrochener Verbindungsleitungen werden dann keine Fehlschaltungen ausgelöst.

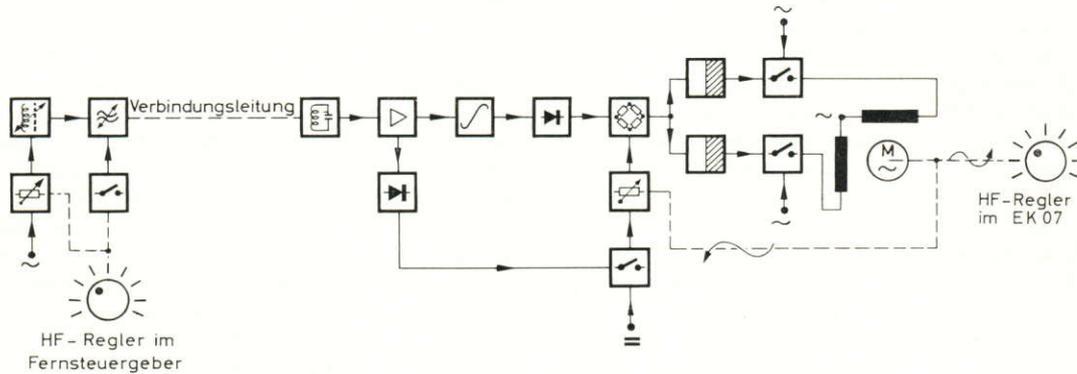


Bild 4 Blockschaltbild für die Fernsteuerung von Potentiometern. Mit der Betätigung des Einstellknopfes auf der Geberseite verändert sich der Hub eines frequenzmodulierten NF-Trägers. Auf die nach der Demodulation auf der Empfängerseite gewonnene Spannungsänderung spricht ein Antriebsmotor an, bis in einer Brückenschaltung wieder Abgleich erreicht ist.

die von der Stellung des HF-Regelknopfes des Empfängers abhängig ist. Eine Brückenschaltung gibt wieder das Signal für den Stellmotor, so daß immer eine Übereinstimmung zwischen Geber und Empfänger besteht. Die Trägerfrequenz wird nur während der Betätigung des Potentiometers auf der Empfängerseite gesendet, um die Verbindungsleitung nicht unnötig zu belasten. Bild 4 zeigt das Blockschaltbild für die Fernbedienung von Potentiometern.

Die Fernsteuerung von Hubmagneten und Relais

Die Eigenschaften des Empfängers sollen durch die Fernbedienung voll erhalten bleiben. Es muß daher auch die Benützung des Eichquarzes und der Abstimmkontrolle möglich sein. Beim EK 07 sind diese beiden Funktionen durch Drucktasten zu betätigen. Es liegt nahe, diese Tasten durch Relais zu ersetzen und dann fernzusteuern. Das würde jedoch einen erheblichen Eingriff in den Empfänger bedeuten. Eine zweckmäßige Lösung ergibt sich, wenn man zwei geeignete Hubmagnete mit den Tasten mechanisch koppelt.

Die im Befehlsempfänger zur Betätigung der Magnete ankommenden Impulse werden nach Selektion und Zählung jeweils einer bistabilen Schaltung zugeführt, die bewirkt, daß nach Rückstellung des Zählers der gewünschte Zustand erhalten bleibt.

Bei Unterbrechungen in der Stromversorgung geschieht es häufig, daß bistabile Schaltungen nach dem Wiederkehren der Spannung nicht mehr ihre Ausgangslage einnehmen. Das hätte zur Folge, daß z. B. das Netzrelais, das auch über eine bistabile Schaltung betrieben wird, den Empfänger nicht mehr einschaltet. Dies wird durch die Verwendung

Die Übertragung von Drehbewegungen mit hoher Genauigkeit und größerer Drehgeschwindigkeit – „Elektrische Welle“

Der in der hier beschriebenen Anlage ferngesteuerte Empfänger EK 07 ist in Frequenzbereiche von 3 MHz Breite unterteilt. Die Einstellung der gewünschten Frequenz kann mit einer Skala, die durch einen kombinierten Grob- und Feintrieb angetrieben wird, vorgenommen werden. Da der Empfänger eine streng lineare Frequenzabhängigkeit besitzt, war es möglich, die Skala in gleicher Weise in Grob- und Feinskala zu unterteilen. Das bedeutet, daß jede Umdrehung der Feinskala einem Vorschub der Frequenz um 100 kHz entspricht, während gleichzeitig die Grobskala um $\frac{1}{30}$ ihrer Gesamtlänge weiterläuft. Bei den vorgegebenen Abmessungen entspricht dies einer gesamten Skalenlänge in jedem Wellenbereich von 9,4 m. Soll der Bereich von 3 MHz in einer Zeit von z. B. 12,5 s überstrichen werden, wie es etwa auch der manuellen Bedienung durch den Funker am Empfänger selbst entspricht, so erhält die Antriebsachse bei einer Untersetzung 1 : 4 der Feinskala eine Drehgeschwindigkeit von 9,6 Umdrehungen pro Sekunde. Soll die Frequenzzeichnung, d. h. die Treffsicherheit des Empfängers, durch die Fernbedienung praktisch nicht beeinflusst werden – die Treffsicherheit darf sich also um nicht mehr als etwa 100 Hz verschlechtern –, so ist nur eine Unsicherheit von einem Winkelgrad bei einer Umdrehung der Antriebsachse der Feinskala zugelassen. Aus den genannten Werten ergibt sich eine hohe Anforderung an die Präzision für die kontinuierliche Übertragung der Drehbewegung bei gleichzeitiger hoher Geschwindigkeit. Die Übertragung von Drehbewegungen mittels sogenannter „Elektrischer Wellen“ ist mit Hilfe von Dreiphasen-

Drehmeldern mit Analogwertübertragung technisch realisiert worden. Ein Ausführungsbeispiel ist in [1] beschrieben. Für große Entfernungen und für die Verwendung einer einzigen Zweidrahtverbindung kommt das dort geschilderte Prinzip wegen der elektrischen Verkettung der drei Statorverbindungsleitungen jedoch nicht in Frage.

Hier wurde ein System der Winkelübertragung gewählt, bei dem zwei Präzisions-Drehmelder des Typs „Funktionsgeber“ bzw. „Funktionsempfänger“ verwendet wurden, in der Bauart, wie sie von der Firma Kearfott in den USA entwickelt worden ist. Es handelt sich hier um Drehmelder mit einem Rotor und zwei rechtwinklig gekreuzten Statorwicklungen. Bei Einspeisung einer Frequenz von z. B. 50 Hz in den Rotor erscheinen an den beiden Ausgängen der Statorwicklungen zwei Spannungen, die in ihrer Amplitude dem Sinus bzw. Cosinus des Rotorwinkels entsprechen. Es werden demnach quasi die X-Koordinate und die Y-Koordinate des Endpunktes eines umlaufenden Vektors übertragen. Die beiden Ausgangsspannungen des Funktionsgebers können nun zwei Tonfrequenzträgern aufmoduliert werden. Es ist naheliegend, dafür Fre-

steuer- und Erregerwicklung in einem Regelkreis liegen. Die Steuerspannung wird von der verstärkten Ausgangsspannung des Rotors im Steuerempfänger geliefert. Da der Rotor des Steuerempfängers über ein Getriebe mit der Achse des Antriebsmotors gekoppelt ist, wird die Ausgangsspannung des Rotors auf den Wert Null geregelt. Der Induktionsmotor, der die mechanische Arbeit am Empfänger leisten soll, muß einen erheblichen Teil seiner Antriebsenergie über die Erregerwicklung erhalten. Es ist naheliegend, dazu die Netzenergie unmittelbar zu benutzen. Das erfordert jedoch, daß die Netzfrequenz, die in die Erregerwicklung eingespeist wird, mit der auf der Leitung übertragenen Frequenz der X- und Y-Koordinate identisch ist. Da Geberort und Empfängerort unter Umständen mehrere hundert Kilometer voneinander entfernt liegen und außerdem damit gerechnet werden muß, daß die Empfänger aus Notstrom-Aggregaten oder anderen Hilfsnetzen versorgt werden, ist die erforderliche Frequenzidentität nicht gewährleistet.

Es gibt prinzipiell die Möglichkeit, die Netzfrequenz der Empfängerseite z. B. dadurch auf die Geberseite zu übertragen, indem sie einem Hilfsträger auf-

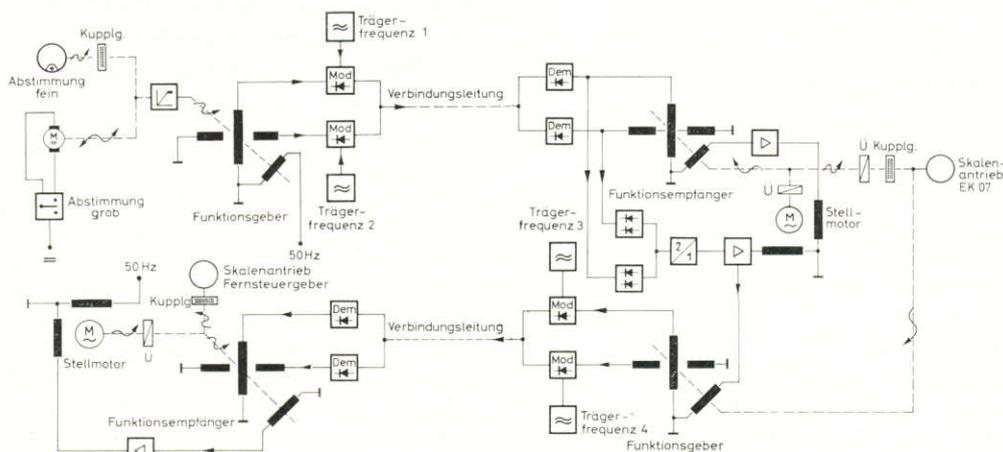


Bild 5 Die Fernbedienung der Abstimmung des Empfängers EK 07 und die Rückübertragung der Stellung der Empfänger-skala auf die Geberseite.

quenzmodulation zu wählen, um von Pegelschwankungen soweit als möglich unabhängig zu sein. Nach der Übertragung über den Fernsprechanal werden die beiden Träger in Diskriminatoren demoduliert, und die X- und Y-Information steht zur Verfügung, um einem Funktionsempfänger zugeführt zu werden. Dieses zweite System, der Funktionsempfänger, ist wie der Funktionsgeber aufgebaut. Seine Arbeitsweise ist jedoch der des Funktionsgebers entgegengesetzt. Die demodulierten Spannungen werden diesmal in die Statorwicklungen eingespeist und die von der Winkelstellung des Rotors abhängige Ausgangsspannung am Rotor abgenommen. Die Ausgangsspannung des Rotors ist wieder eine Sinusfunktion des Rotorwinkels, sie hat insbesondere für zwei bestimmte Paare der X- und Y-Spannung den Wert Null.

Der eigentliche Antrieb der fernzusteuenden Achse geschieht nun mit Hilfe eines Stellmotors, dessen

moduliert und auf der Geberseite demoduliert wird. Sie kann dann für die elektrische Welle in Richtung zum Empfänger verwendet werden. Dies bedeutet jedoch, daß die Leitung ständig mit einer weiteren Frequenz in der Richtung Empfänger-Geber beaufschlagt werden muß, was eine überflüssige Belastung des Frequenzplanes der Leitung bedeutet. Es ist nun aber möglich, die gewünschte Netzfrequenz aus den übertragenen Winkel-Koordinaten der Elektrischen Welle in der Rückrichtung ohne weiteren Hilfsträger zu gewinnen. Allerdings sind zusätzliche Maßnahmen erforderlich, da jede der Koordinaten bei der Rotation den Wert Null annehmen kann. Auch die Addition beider Komponenten kann den Wert Null ergeben. Wird jedoch jede der Koordinaten X und Y zunächst einer Quaderschaltung zugeführt und werden die Ausgangsspannungen dieser Schaltungen dann addiert, so ergibt sich eine Ausgangsschwingung von der

doppelten Netzfrequenz, aus der nach Frequenzteilung 1 : 2 und Verstärkung die Erregerspannung gewonnen werden kann [2] [4], Bild 5.

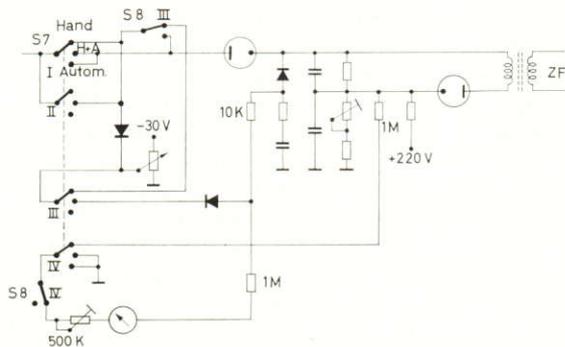


Bild 6 Schaltung der HF-Eingangsspannungsanzeige im EK 07.

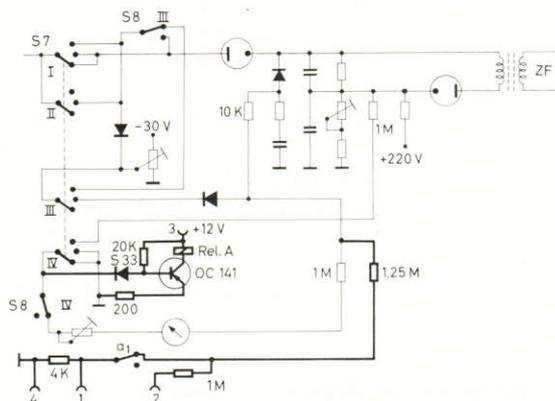


Bild 7 Die zusätzliche Schaltung (dick gezeichnet) an der Frontplatte des EK 07 für den Anschluß der Fernübertragung der HF-Spannungsanzeige.

Die Rückübertragung der HF-Anzeige vom Empfänger EK 07 auf den Fernsteuergeber

Das rechte Instrument auf der Frontplatte des EK 07 dient zur Anzeige der HF-Eingangsspannung. Da deren Messung oft von Bedeutung ist, wurde angestrebt, auch diese Anzeige auf den Geber zurückzuführen. Bei einer einfachen Zweidrahtverbin-

dung mit einer Bandbreite von 300 bis 3400 Hz ist die Rückmeldung nur bei Verringerung der Bandbreite des Nachrichtensignals möglich, da ja beide gleichzeitig übertragen werden müssen. Bei einer Vierdrahtverbindung gleicher Bandbreite gilt praktisch das gleiche. Hier ist also eine Zusatzleitung nötig. Bei Fernverbindungen mit einer Bandbreite von 300–2700 Hz werden auf alle Fälle zwei Rückleitungen, eine für die Elektrische Welle und eine für das Nachrichtensignal, benötigt. Während die eine Rückleitung ganz für die Übertragung des Nachrichtensignals zur Verfügung stehen muß, kann die Leitung für die Elektrische Welle noch für weitere Fernsteuersignale, z. B. für die HF-Eingangsspannungsanzeige oder für andere Zusatzgeräte, verwendet werden.

Bild 6 zeigt die Schaltung des HF-Eingangsinstruments im EK 07. Die Anzeige soll sich bei Anschaltung einer Fernübertragungseinrichtung nicht verändern, d. h. am Kurzwellenempfänger in der Empfangsanlage muß die ankommende Feldstärke nach wie vor mit der gleichen Größe angezeigt werden. Dies erfordert eine unmerkliche Bedämpfung des Instruments und ein Schaltungsänderung, damit an einem einpolig an Masse liegenden Widerstand die Meßspannung abgenommen werden kann. Ein kleiner Eingriff in die Schaltung auf der Frontplatte des EK 07 ist dabei nicht zu umgehen. Bild 7 zeigt die Schaltungsänderung. Der hochohmige, ebenfalls einpolig auf Masse liegende Eingang eines Lichtzerhackerverstärkers liegt parallel zum Meßwiderstand. Die aus dem Verstärker kommende und dem Ausschlag des Instruments proportionale Wechselspannung wird einem Tonfrequenzträger aufmoduliert und auf der Geberseite wieder demoduliert, gleichgerichtet und einem Anzeigeelement zugeführt. Bild 8 zeigt die Übertragung der HF-Eingangsspannungsanzeige.

Antennen, Antennenanlagen und ihre Fernbedienung

Große Empfangsstellen besitzen hochwertige Antennen, die zur Verbesserung der Empfangsverhältnisse meist eine Richtcharakteristik aufweisen. Um

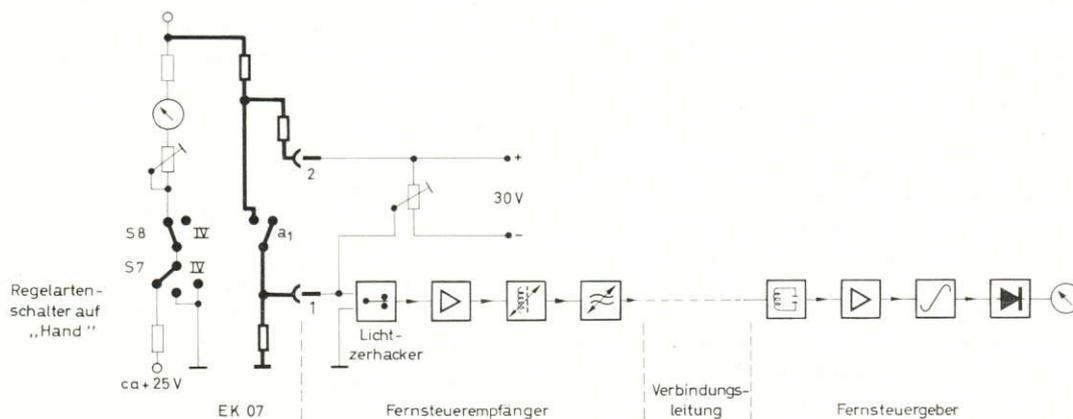


Bild 8 Übertragung der HF-Eingangsspannungsanzeige vom Empfänger EK 07 auf den Fernsteuergeber.

Sender aus jeder beliebigen Richtung empfangen zu können, haben die Empfangsstellen entweder viele feste Richtantennen oder drehbare Systeme.

Zur Fernsteuerung von Empfängern gehört zwangsläufig die Fernbedienung der Antennen. Dem Funker muß die Möglichkeit gegeben werden, vom Fernsteuereger aus die Antennen auswählen zu können. Bei der Fernsteueranlage NZ 02 sind die dafür notwendigen Anschlüsse vorgesehen. Mit einem Zusatzgerät auf der Geberseite können bis zu 36 feste Antennen durch Drucktasten oder Drehschalter ausgewählt werden. Dazu ist jedoch zur Steuerung in Richtung vom Geber zum Empfänger ein zusätzlicher Übertragungskanal notwendig, der bei großen Anlagen ohnehin meist vorhanden ist. Auf der Empfängerseite werden die Impulse in einem weiteren Zusatzgerät wieder gezählt, so daß dann der entsprechende Antennenschalter in die Sollstellung einlaufen kann.

Für drehbare Breitband-Antennen, die hier meist vom logarithmisch periodischen Typ sind, z. B. die R & S-Richtstrahlantenne HA 226/101, ist eine stufenweise Drehung von je 10° vorgesehen. Ähnlich wie beim Frequenzbereichsschalter im EK 07 läuft die Antenne in kürzester Zeit in die neue gewünschte Richtung ein.

Die Fernsteuerung von Telegrafie- und Einseitenbanddemodulatoren

Bei der Fernsteuerung von abgesetzten Stationen müssen auch die Demodulatoren für Einseitenband- und Telegrafiesendungen berücksichtigt werden. Diese Geräte verwenden normalerweise zur weiteren Umsetzung die Zwischenfrequenz des Kurzwellenempfängers, die selbst nicht ohne weiteres fernübertragbar ist.

Man kann jedoch Telegrafiezeichen von F1- oder F6-Signalen in die NF-Lage umsetzen und sie ebenso wie beim Telefonie-Empfang über die Leitung zum Geber übertragen.

Für den Telegrafiedemodulator NZ 07 [3] ist ein auswechselbarer Einschub T entwickelt worden, mit dem es möglich ist, das ganze Gerät ohne Bedienungseinschränkung auf der Geberseite zu betreiben. In dem Einschub T werden die ankommenden NF-Signale wieder in die Zwischenfrequenzlage umgesetzt, so daß die Eigenschaften des Demodulators (Flankenregenerierung, Bandbreiteneinstellung, Frequenznachregelung) voll erhalten bleiben.

Im Einseitenbanddemodulator NZ 10 wird die vom Empfänger kommende Zwischenfrequenz auf 18 kHz umgesetzt. Selbst bei einer Umsetzung der Zwischenfrequenz in eine noch tiefere Frequenzlage würde eine Fernübertragung der undemodulierten Signale wegen der erforderlichen großen Bandbreite für beide Seitenbänder in den meisten Fällen nicht möglich sein. Das Gerät muß deshalb auf der Empfangsseite verbleiben. Zur Fernbedienung gibt es ein Kommandogerät, das äußerlich wieder dem Demodulator ähnelt.

Die Fernsteuerung der Schalter des NZ 10 geschieht in der gleichen Art wie beim EK 07. Die NF-Ausgänge werden durch Relais umgeschaltet. Zur genauen Abstimmung ist im Demodulator ein Braunsch'sches Rohr eingebaut, dessen Anzeige auch auf der Geberseite erscheinen muß, was die Übertragung mindestens der X- oder der Y-Koordinate notwendig macht. Im NZ 10 selbst erfolgt die Abszissenablenkung durch die konstante 18-kHz-Quarzfrequenz; an den Y-Platten liegt eine je nach Abstimmung in der Amplitude schwankende und mehr oder weniger von 18 kHz abweichende Frequenz. Bei Übereinstimmung der Frequenzen entsteht eine Ellipse. Die Übertragung beider Koordinaten hätte die Belegung von 2 Trägerfrequenzen auf der Rückleitung zur Folge. Durch Verwendung eines hochkonstanten 1100-Hz-Oszillators auf der Geberseite, der an die X-Platten gelegt wird und dessen Frequenz der des 18-kHz-Oszillators am NZ 10 entspricht, kann eine Übertragungsfrequenz gespart werden. Die Ellipse entsteht dann auch auf der Geberseite, wenn man auf der Empfängerseite die bei der Synchronisation genauen 18 kHz durch Frequenzmischung in die Lage von 1100 Hz bringt und diese neue Frequenz über die Leitung an die Y-Platten des Braunsch'schen Rohres auf der Geberseite führt. Um stehende Bilder zu bekommen, ist wegen etwaiger Frequenzverwerfung in TF-Systemen auf der Leitung eine kleine Korrekturmöglichkeit des 1100-Hz-Oszillators vorgesehen.

Zusammenwirken von Geräten und Leitungen

Die Verbindungsleitungen zwischen den Betriebszentralen und den Empfangsanlagen sind meist normale Fernsprechleitungen. Für die Benützung dieser Leitungen gelten Bestimmungen, die vom Gerätehersteller beachtet werden müssen, wie z. B. für die Pegeleinstellungen und für die Anforderungen an die Erdsymmetrie und die Anpassungswiderstände. Diese Bedingungen werden von den hier beschriebenen Geräten erfüllt, so daß sie praktisch an alle vorkommenden Leitungen anschaltbar sind. Zusätzliche Einrichtungen, wie Spannungskontrollen, Überwachungsschalter und eine Telefongegenprechanlage, vereinfachen die Aufstellung und den Betrieb der Fernsteueranlagen. B. Schumacher

LITERATUR

- [1] K. Fischer, F. Laubach, R. Zimmermann
Fernbedienung von Empfängern.
Telefunken-Zeitung, Jg. 34, September 1961, H. 133, S. 240 bis 248.
- [2] J. Hacks und B. Schumacher
Die Übertragung von Drehbewegungen über große Entfernungen am Beispiel der Fernsteuerung von kommerziellen Empfangsanlagen.
R & S-Mitteilungen, H. 17, 1963, S. 87-91.
- [3] J. Hacks und K. Grabe
Funktelegrafieempfang in Anlagen mittlerer Größe.
R & S-Mitteilungen, H. 11, S. 206-214.
- [4] DBP 1 123 737.

Zusammenstellung der gebräuchlichsten Sendearten und Modulationsverfahren

Bezeichnungen

Für die Modulation der im Funkdienst eingesetzten Sender sind im Laufe der Jahre verschiedene Verfahren entwickelt worden, die bereits weitestgehend standardisiert sind. Die Bezeichnung der einzelnen **Sendearten** wurde international verabredet. Sie sind seit Mai 1961 in der vorliegenden Form verbindlich [1].

Es werden dabei folgende **Modulationsarten** für den Hauptträger unterschieden, die zwecks eindeutiger Klassifizierung mit einem entsprechenden Kennzeichen versehen sind:

- a) Amplitudenmodulation A
- b) Frequenzmodulation F
- c) Pulsmodulation P

Durch die Angabe der Modulationsart allein ist jedoch das hochfrequente Signal eines Senders noch nicht eindeutig bestimmt, da für diese wiederum spezielle **Übertragungsarten** möglich sind. Sie sind im folgenden mit ihren Kennzeichen wiedergegeben:

- a) Fehlen jeglicher Modulation zur Übertragung einer Nachricht 0
- b) Telegrafie ohne Modulation durch eine hörbare Frequenz 1
- c) Telegrafie durch Ein- und Austastung einer oder mehrerer hörbarer Modulationsfrequenzen oder durch Ein- und Austastung der modulierten Aussendung (Sonderfall: eine nicht getastete modulierte Aussendung) 2
- d) Fernsprechen, einschl. Tonrundfunk 3
- e) Faksimile (mit Modulation des Hauptträgers, entweder unmittelbar oder mit Modulation durch einen frequenzmodulierten Hilfsträger) 4
- f) Fernsehen (Bild) 5
- g) Vier-Frequenz-Duplex-Telegrafie 6
- h) Tonfrequente Mehrfachtelegrafie (WT) 7
- i) Fälle, die oben nicht angeführt sind 9

Für die weitere Charakterisierung einer Sendeart sind **zusätzliche Merkmale** festgelegt worden, die ebenfalls durch Kennzeichen bestimmt sind:

- a) Zweiseitenband (ohne Kennzeichen)
- b) Einseitenband
 - mit vermindertem Träger – A
 - mit vollem Träger – H
 - mit unterdrücktem Träger – J
- c) Zwei, voneinander unabhängige Seitenbänder B

- d) Restseitenband C
- e) Impulse
 - amplitudenmoduliert D
 - breiten- (oder dauer-) moduliert E
 - phasen- (oder lage-) moduliert F
 - codemoduliert G

Zur besseren Übersicht sind einige der gebräuchlichsten Sendearten mit ihrer Kennzeichnung im folgenden zusammengestellt:

- a) **Amplituden-Modulation**
 - A 0 Fehlen jeglicher Modulation
 - A 1 Telegrafie ohne Modulation durch eine höhere Frequenz (Ein- und Austastung)
 - A 2 Telegrafie tönend
 - A 3 Fernsprechen – Zweiseitenband
 - A 3A Fernsprechen – Einseitenband mit vermindertem Träger
 - A 3B Fernsprechen – zwei voneinander unabhängige Seitenbänder
 - A 4 Faksimile
 - A 5 Fernsehen
- b) **Frequenz-Modulation**
 - F 0 Fehlen jeglicher Modulation
 - F 1 Frequenz-Umtastung
 - F 2 Telegrafie tönend
 - F 3 Fernsprechen
 - F 4 Faksimile
 - F 5 Fernsehen
- c) **Pulsmodulation**
 - P 0 Fehlen jeglicher Modulation
 - P 1 Telegrafie ohne Modulation
 - P 2 Telegrafie durch Tasten der Modulationsfrequenz oder durch Tasten modulierter Impulse
 - P 2 D – Modulation der Impulsamplituden
 - P 2 E – Modulation der Impulsbreite oder -dauer
 - P 2 F – Modulation der Impulsphase oder -lage

Physikalische Merkmale

Jedes Modulationsverfahren ist durch bestimmte physikalische Merkmale gekennzeichnet, von denen die wichtigsten die benötigte Hochfrequenz- oder Übertragungsbreite und der Gewinn an niederfrequenterem Störabstand sind. Es muß für jeden

Einsatzzweck geprüft werden, welches Verfahren anzuwenden ist.

Während in den Anfangsjahren der Funktechnik vorwiegend geräte- und schaltungstechnische Gesichtspunkte für die Wahl der Modulationsart maßgebend waren, überwiegen mit der zunehmenden Belegung der zur Verfügung stehenden Frequenzbänder frequenzökonomische Betrachtungen. Bei dem Bemühen, immer bessere Nachrichtenverbindungen über immer größere Entfernungen zu erstellen, ergab sich zwangsläufig die Notwendigkeit, die Modulationsverfahren auch im Hinblick auf ihre störbefreiende Wirkung für das Signal von Fall zu Fall auszuwählen; eine Tatsache, die bereits durch den Qualitätsunterschied von AM- und FM-Rundfunksendungen allgemein bekannt ist.

Die beiden letztgenannten Argumente für die Wahl des Modulationsverfahrens – Frequenzökonomie und Gewinn an Störabstand – finden eine unmittelbare Verknüpfung in der technischen Anwendung der modernen Informationstheorie. Um einen Überblick über diese Zusammenhänge zu geben, soll im folgenden ein Vergleich verschiedener Modulationsverfahren angestellt werden. Es ist jedoch in diesem Rahmen nicht möglich, auf die speziellen theoretischen Zusammenhänge näher einzugehen. Entsprechende Hinweise findet man in [2], wo auch exakte Ableitungen der angeführten Gleichungen vorgenommen worden sind.

Die Güte einer Nachrichtenverbindung wird durch den sogenannten Störabstand definiert. An den Ausgängen des Übertragungsvierpols entsteht ein bestimmtes Verhältnis der Signalspannung oder -leistung zur Störspannung oder -leistung.

Dieses Verhältnis ist ein Maß dafür, wie hoch sich das Signal, also die Nachricht, aus den Störungen heraushebt. Der natürliche Logarithmus des Verhältnisses von Signal- zur Störspannung bzw. der natürliche Logarithmus der Wurzel aus dem Verhältnis von Signal- zur Störleistung wird als Stör- bzw. Rauschabstand bezeichnet. In eine Nachrichtenverbindung dringt bekanntlich durch innere oder äußere Störquellen im Übertragungssystem eine bestimmte Rauschspannung r_{HF} bezogen auf die kleinste Signalspannung s_{HF} ein. Für den HF-seitigen Störabstand gilt

$$b_{HF} [N] = \ln \frac{s_{HF}}{nr_{HF}} \quad (1)$$

Der allgemeinen Betrachtungsweise wegen wird ein Mehrkanalsystem zu Grunde gelegt. Dabei ist n gleich die Anzahl der Kanäle. Der Ausdruck nr_{HF} im Nenner resultiert aus der Überlegung, daß die Rauschspannung als Vergleichswert für alle Kanäle gebildet werden muß, da die Signalspannung s_{HF} ein Gesamtwert ist, der ebenfalls alle Kanäle umfaßt. Nach der Demodulation ergeben sich in den einzelnen Kanälen eine Rauschspannung r_{NF} und eine über alles gemessene Signalspannung s_{NF} .

Analog zum HF-seitigen Störabstand b_{HF} kann man einen niederfrequenten Störabstand b_{NF} definieren

$$b_{NF} [N] = \ln \frac{s_{NF}}{r_{NF}} \quad (2)$$

Es hat sich gezeigt, daß bei den verschiedenen gebräuchlichen Modulationsverfahren die Differenz der beiden Störabstände unterschiedlich groß ist.

Bei dem angestrebten Fall $\frac{s_{NF}}{r_{NF}} > \frac{s_{HF}}{nr_{HF}}$ spricht

man von einem Modulationsverfahren mit Geräuschminderung bzw. von einem Gewinn an Störabstand. Der Gewinn eines Modulationsverfahrens im Vergleich zu einem anderen ist

$$G_M [N] = \ln \frac{s_{NF}}{r_{NF}} - \ln \frac{s_{HF}}{nr_{HF}} = \ln \frac{\frac{s_{NF}}{r_{NF}}}{\frac{s_{HF}}{nr_{HF}}} \quad (3)$$

$G_M < 0$ bedeutet dabei also einen Verlust. Die Größe des Gewinns G_M ist dabei immer eine Funktion des Verhältnisses Hochfrequenzbreite (Übertragungsbandbreite) zu Niederfrequenzbreite

$$z = \frac{B_{HF}}{B_{NF}} \quad (4)$$

was an Hand der Bestimmungsgleichungen noch zu zeigen sein wird.

B_{NF} ist gleich der Bandbreite der zu übertragenden Nachricht. Ist $z > 1$, spricht man von einer Bandenerweiterung bzw. von einem „Bandbreitenluxus“.

Wie bereits erwähnt, sind diese Zusammenhänge von dem störbefreiendem Charakter der FM gegenüber der klassischen AM her bekannt. Das bedeutet also, daß die Beziehung gilt: je größer B_{HF} desto größer G_M . Der Banderweiterung z sind jedoch aus schaltungstechnischen und vor allem aus frequenzökonomischen Gründen Grenzen gesetzt. Hinzu kommt noch, daß mit zunehmenden Werten für B_{HF} auch der hochfrequente Anteil der resultierenden Störspannungen (Rauschen) ansteigt.

Neben dem Gewinn G_M , der häufig auch, da er nach der Demodulation wirksam ist, als Empfangsgewinn bezeichnet wird, tritt besonders bei dem Verfahren mit Pulsmodulation noch ein sogenannter Übertragungsseitiger Gewinn G_U auf. Als Übertragungsgewinn G_U wird der halbe natürliche Logarithmus des Verhältnisses der momentanen Nutzleistung P_M zur Dauerstrichleistung P_D des Senders definiert

$$G_U [N] = \frac{1}{2} \ln \frac{P_M}{P_D} \quad (5)$$

Für die wichtigsten Modulationsverfahren ergeben sich im einzelnen folgende Zusammenhänge:

a) **Amplitudenmodulation**

Für die AM-Verfahren ist die Niederfrequenzbandbreite

$$B_{NF} = 1,25 \cdot n \cdot f_{max} \quad (6)$$

f_{max} bedeutet dabei die oberste Bandgrenze im Nachrichtenkanal. Bei Fernsprechen ist hier z. B. 3,4 kHz einzusetzen. Der Sicherheitszuschlag an Bandbreite von 25% wird aus filtertechnischen Gründen gewählt, um den Aufwand in vertretbaren Grenzen zu halten. Die Übertragungsbandbreite B_{HF} ist für die klassische Zweiseitenband-Amplitudenmodulation (AM)

$$B_{HF} = 2 \cdot B_{NF} = 2,5 \cdot n \cdot f_{max} \quad (7)$$

während für die Einseitenbandmodulation (EB) die Beziehung

$$B_{HF} = B_{NF} = 1,25 \cdot n \cdot f_{max} \quad (8)$$

besteht.

Für die Größe des verfahrensbedingten Gewinns G_M ist bei den AM-Systemen die allgemein bekannte Tatsache bestimmend, daß sich die aus dem Übertragungsband aufgenommene Rauschleistung statistisch kontinuierlich auf das gesamte Niederfrequenzband verteilt. Es gilt allgemein

$$G_M [N] = \frac{1}{2} \ln \frac{B_{NF}}{B_{HF}} \quad (9)$$

Mit Gl. (6) und Gl. (7) wird für die AM

$$G_M = \frac{1}{2} \ln \frac{1}{2,5} = -0,46 N = -4 \text{ db} = -1,59 \quad (10)$$

während sich aus Gl. (6) und Gl. (8) für die EB die Beziehung

$$G_M = \frac{1}{2} \ln \frac{1}{1,25} = -0,11 N = -0,955 \text{ db} = -1,12 \quad (11)$$

ergibt. In beiden Fällen tritt also eine Verminderung des Störabstandes auf. Eine Abhängigkeit von der Banderweiterung n liegt ebenfalls nicht vor.

Ähnlich sind die Verhältnisse beim übertragungsseitigen Gewinn G_U . Bei der AM haben die beiden Seitenbandamplituden einen $\frac{m}{2}$ mal größeren Wert als die Amplitude A der Trägerschwingung; m ist dabei der Modulationsgrad. Die momentane Nutzleistung P_M wird somit

$$P_M = \text{const.} \cdot 2 \cdot \left(A \frac{m}{2}\right)^2 \quad (12)$$

Für die Dauerstrichleistung ergibt sich

$$P_D = \text{const.} \left[A^2 + 2 \left(A \frac{m}{2}\right)^2 \right] \quad (13)$$

Setzt man Gl. (12) und Gl. (13) in Gl. (5) ein, so erhält man als Übertragungsgewinn

$$G_U [N] = \frac{1}{2} \ln \frac{\frac{m^2}{2}}{1 + \frac{m^2}{2}} = \frac{1}{2} \ln \frac{m^2}{2 + m^2} < 0 \quad (14)$$

$$= \frac{1}{2} \ln \frac{m^2}{2 + m^2} < 0$$

Bei der AM tritt auch bei G_U eine Verminderung des Störabstandes ein. Für den günstigen Fall $m = 100\%$ ergibt sich der Wert $-0,55 N = -4,8 \text{ db}$. Für die EB wird

$$G_U = 0 \quad (15)$$

da bei unterdrücktem Träger P_D und P_M gleich groß sind.

b) **Frequenzmodulation**

Bei der FM ergibt sich eine Niederfrequenzbandbreite von

$$B_{NF} = n \cdot f_{max} \quad (16)$$

Die erforderliche hochfrequente Bandbreite (Übertragungsbandbreite) ergibt sich zu

$$B_{HF} = 2 (H + 2 B_{NF}) \quad (17)$$

H bedeutet dabei den Frequenzhub. Gewöhnlich wird die Bandbreite B_{HF} wegen der auf dem Übertragungsweg auftretenden Nichtlinearitäten um das 1,25fache erweitert. Es gilt dann

$$B_{HF} = 2,5 (H + 2 B_{NF}) \quad (17a)$$

Aus Gl. (17) geht hervor, daß bei FM die Übertragungsbandbreite B_{HF} unmittelbar eine Funktion des gewählten Frequenzhubes H ist. Da genau wie bei der EB mit unterdrücktem Träger dem Nutzsignal die volle Sendeleistung zur Verfügung steht, gilt auch für den Übertragungsgewinn G_U bei FM Gl. (15). Für den Empfangsgewinn G_M gilt die Beziehung:

$$G_M [N] = \ln \left(\frac{1}{2,5} n - 2 \right) + 0,2 \quad (18)$$

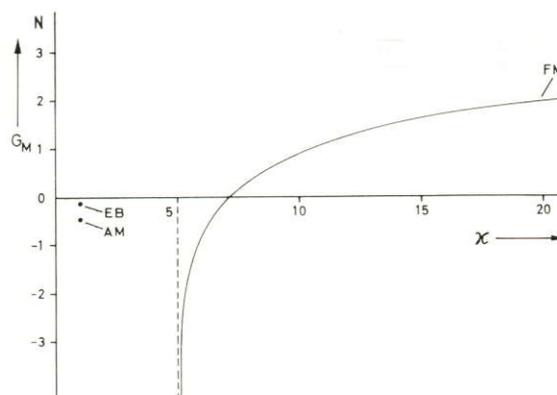
c) **Pulsmodulation**

Die Zusammenhänge der Bandbreiten- und Gewinnverhältnisse sind bei den Pulsmodulationsverfahren wesentlich komplizierter. Eine ausführliche Behandlung in diesem Rahmen erscheint daher nicht gegeben. In der nachstehenden Tabelle sollen daher lediglich die charakteristischen Gleichungen gegenübergestellt werden, zumal die Pulsmodulationsverfahren keine so große praktische Bedeutung haben. Hinweise findet man in [2] [3]. In den Gleichungen für PAM-FM und PPM-AM bedeuten: τ_F = Flankendauer, τ_o = Impulsbasisbreite und T_p = Impulsabstand.

Bei der PAM-FM wird zur Bündelung der Nachrichtenschwingungen der einzelnen Gesprächskanäle die PAM (Pulsamplitudenmodulation) mit ihrer Zeitselektion angewendet, während der eigentliche Sender mit FM arbeitet. Das PPM-AM-Verfahren arbeitet in der Bündelungsebene mit der PPM (Pulsphasenmodulation), während der Sender mit AM betrieben wird.

d) Gegenüberstellung der gebräuchlichsten Modulationsverfahren

	B_{NF}	B_{HF}	$G_M [N]$	$G_0 [N]$
AM	$1,25 \cdot n \cdot f_{max}$	$2 B_{NF}$	$\frac{1}{2} \ln \frac{1}{2,5} = -0,46$	$\frac{1}{2} \ln \frac{m}{2+m^2}$
EB	$1,25 \cdot n \cdot f_{max}$	B_{NF}	$\frac{1}{2} \ln \frac{1}{1,25} = -0,11$	0
FM	$1 \cdot n \cdot f_{max}$	$2,5 (H + 2 B_{NF})$	$\ln \left(\frac{1}{2,5} x - 2 \right) + 0,2$	0
PAM-FM	$3 \cdot n \cdot f_{max}$	$2,5 (H + 2 B_{NF})$	$\ln \left(\frac{1}{2,5} x - 2 \right) + 0,085$	0
PPM-AM	$> 2 \cdot n \cdot f_{max}$	$> \frac{1}{\tau_F}$	$\frac{\ln 2 \left(\frac{1}{B_{NF}} - \tau_o \right)}{\tau_F \sqrt{\frac{2}{B_{NF}} \left(\tau_o \frac{4}{3} \tau_F \right)}}$	$\frac{1}{2} \ln \frac{T_p}{n \left(\tau_o \frac{4}{3} \tau_F \right)}$



Gewinn an niederfrequentem Störabstand G_M in Abhängigkeit von der Bänderweiterung x bei FM. (Die PAM-FM-Kurve würde 0,115 N unter der FM-Kurve liegen.) Mit $x = 1$ wird bei AM der Gewinn $G_M = -0,46$ N, bei EB ist $G_M = -0,11$ N.

Ch. Boden

LITERATUR:

- [1] Vollzugsordnung für den Funkdienst, Genf 1959 (VO-Funk); gültig ab Mai 1961.
Deutsche Ausgabe durch den Bundesminister für das Post- und Fernmeldewesen, Bonn 1961.

- [2] Ch. Boden:
Die Pulsmodulation und ihre Anwendung in der Nachrichtentechnik. Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker, VI. Band, S. 105-170.
Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH., Berlin 1961.
- [3] E. Hölzler und H. Holzwarth:
Theorie und Technik der Pulsmodulation.
Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1957.

Ein neuer fernbedienbarer Steuersender

Für die neue Reihe der Kurzwellensender, die sich von den bisherigen durch selbsttätige und ferngesteuerte Frequenzeinstellung unterscheiden, hat Rohde & Schwarz den fernbedienbaren Steuersender NO 270 entwickelt.

Die Frequenz dieses Steuersenders ist elektrisch fernwählbar, d. h. jede Frequenz des Steuersenders im Bereich von 1...30 MHz kann in Stufen von 100 Hz eingestellt werden, das sind rund 300 000 Schritte.

Jede Dekade ist quarzabhängig und hat die volle Genauigkeit des Quarzoszillators von 1×10^{-7} pro Tag. Bemerkenswert ist die Geschwindigkeit der Frequenzeinstellung, sie beträgt nur einige zehntel Sekunden. Der Steuersender hat einen Informationszugang, durch den alle derzeit bekannten Modulationsarten mit einer maximalen Bandbreite von ± 6 kHz zugeführt werden können. Es ist demnach u. a. Einseitenbandmodulation mit einem oder mehreren Kanälen möglich.

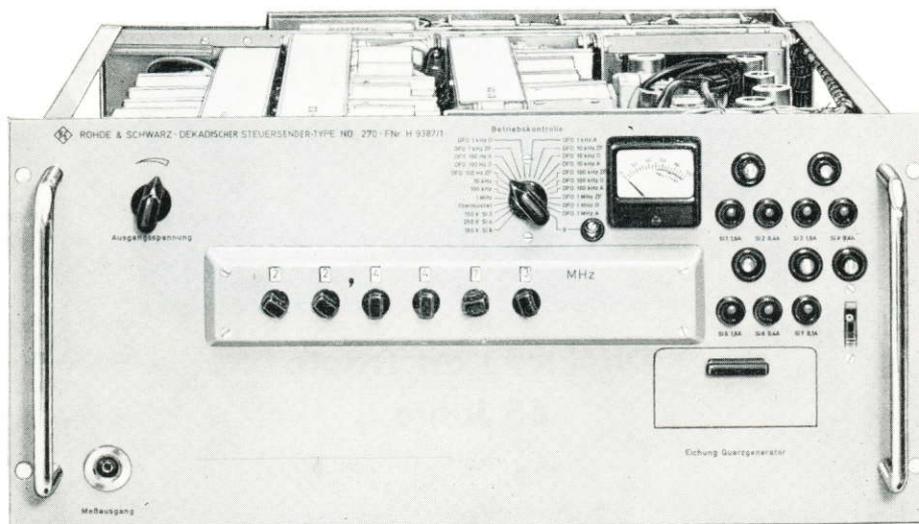


Bild 1 Fernbedienbarer Steuersender NO 270

12 993

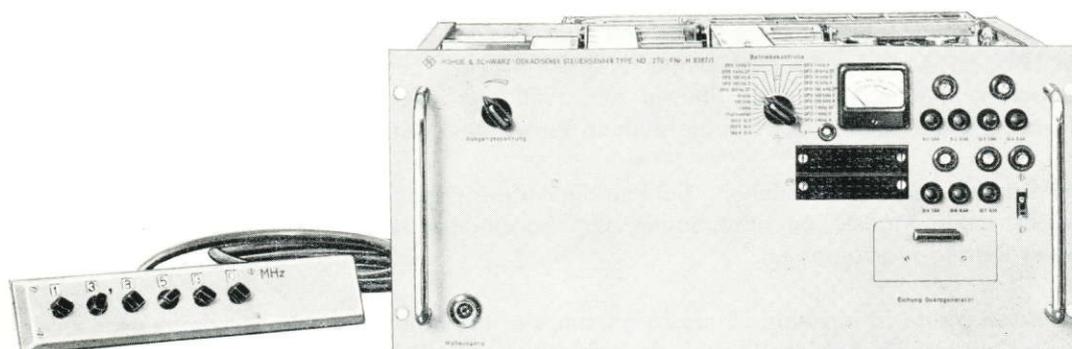


Bild 2 Die Bedienungsplatte läßt sich vom Steuersender trennen und an einem fernen Ort unterbringen (Schleifenwiderstand der Verbindungsleitung: einige Kiloohm). 12 992