

# information

NACHRICHTENTECHNIK

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

Kurzwellentechnik für  
variablen und vielseitigen Einsatz  
im kommerziellen Funkverkehr

---

.Ref.: Dipl.-Ing. Fäseke

R F T

VEB Funkwerk Köpenick

Kurzwellenfunkverbindungen sind schon seit langem ein geeignetes Mittel, um mit geringem Aufwand im Punkt-zu-Punkt-Verkehr kontinentale wie interkontinentale Entfernungen zu überbrücken.

So haben die Kurzwellenverbindungen trotz neuerer Verfahren wie Richtfunkübertragung oder Fernmeldesatelliten in keiner Weise an Bedeutung verloren. Durch den sprunghaft angestiegenen Bedarf an kommerziellen Nachrichten- und Datenverbindungen ist der Kurzwellenbereich nach wie vor attraktiv. Auf Grund physikalischer Eigenschaften ist er für die Überbrückung großer Entfernungen besonders geeignet.

Von Nachteil ist die Abhängigkeit der Ausbreitung vom Zustand der Ionosphäre, doch lassen sich auf Grund der Erforschung und Messung dieser reflektierenden Schichten Vorhersagen machen, die stabile Funkverbindungen zulassen. Dennoch ist eine Nachricht, die im Kurzwellenweitverkehr übertragen werden soll, erheblichen Störungen unterworfen. Diese sind dadurch bedingt, daß vom abgestrahlten modulierten HF-Signal nur noch die Raumwelle am Empfangsort von Bedeutung ist. Die Raumwelle ist nach einer oder mehreren Reflektionen zwischen Ionosphäre und Erdoberfläche dort angelangt. Da die Reflektionen zeitlich nicht konstant sind und durch Schichtbewegungen in der Ionosphäre schnelle Veränderungen der reflektierten Welle auftreten können, treten am Empfangsort Schwunderscheinungen und durch den Dopplereffekt Frequenzverwerfungen auf.

Die Raumwelle kann außerdem auf zeitlich unterschiedlichen Wegen am Empfangsort eintreffen, wodurch Interferenzen auftreten können.

Darüber hinaus sind Änderungen des Polarisationszustandes und Drehung der Polarisationssebene möglich.

Ein weiterer Nachteil ist der relativ kleine Frequenzumfang des Kurzwellenbereiches, wodurch die Anzahl der Nachrichtenkanäle begrenzt ist.

Von Vorteil sind die verhältnismäßig geringen Investitionskosten im Gegensatz zu anderen Übertragungsverfahren, die aufgeführten Nachteile lassen sich durch besondere Sende- und Empfangsverfahren sowie spezielle Antennen abbauen.

Um den zur Verfügung stehenden Frequenzbereich optimal zu nutzen, müssen Modulationsverfahren mit möglichst geringer Bandbreite angewendet werden. Hier stellt bei den Telefonesendearten die Einseitenbandmodulation mit ganz oder teilweise unterdrücktem Träger eine äußerst rationelle Methode auch bezüglich Ausnutzung der Sendeleistung dar. Es mußten jedoch erst eine Reihe von speziellen Bauelementen und Geräten entwickelt werden, wie z.B. mechanische oder Quarzfilter oder hochkonstante HF-Generatoren, die am Sender und Empfänger eingesetzt werden, um ökonomische Lösungen realisieren zu können.

Durch die getrennte Modulation beider Seitenbänder läßt sich somit die Anzahl der Übertragungskanäle verdoppeln. Dazu sind jedoch auch bei der technischen Realisierung der Leistungsverstärker besondere Qualitätsmerkmale wie geringes Übersprechen zwischen den Seitenbändern erforderlich. Bei den Telegrafiesendearten hat sich gegenüber dem Morse-Verfahren das Funkfern schreiben durchgesetzt, das führte statt der Amplitudenmodulation des Trägers zur Frequenzumtastung und zur Einführung von Telegrafie-Mehrfachsystemen wie die Frequenzumtastung durch zwei unabhängige Telegrafiekkanäle (F 6).

Weitere Methoden, die Störeinflüsse in der Kurzwellennachrichtenübertragung zu minimieren, sind die Verwendung spezieller Richt- und Polarisationsantennen und der Einsatz leistungsstarker Sender.

Um eine rationelle Ausnutzung solcher Sender zu gewährleisten, müssen sie, entsprechend den unterschiedlichen Betriebsanforderungen in verschiedenen Leistungsklassen vorhanden sein. Auf Grund der geschilderten physikalischen Bedingungen müssen aus ökonomischer Sicht auf einfache Weise häufig Wechsel der Betriebsfrequenz schnell möglich sein. So wird zum Beispiel im Seefunkdienst zunächst mit einer Anruffrequenz Kontakt aufgenommen und dann der Verkehr auf einer speziellen Telefonie- oder Telegrafiarbeitsfrequenz abgewickelt. Bei festen Funkdiensten wird ein Sender nacheinander die verschiedensten Dienste bezüglich Sendeart und Strahlungsrichtung versorgen müssen.

Dazu ist es erforderlich, daß ein Sender auf verschiedene Antennen arbeiten kann und eine schnelle Betriebsbereitschaft besteht.

Kommerzielle Nachrichtensender und Empfänger müssen betriebssicher und wartungsarm sein, denn sie sind ja nur ein Teil des Nachrichtenweges. Um die Vielfalt der Projektierungsvarianten erfüllen zu können, müssen z. B. die Sender fernbedienbar, automatisiert und typisiert sein.

Zur Vereinfachung des Betriebsablaufes ist Programmbetrieb zweckmäßig.

Diese Überlegungen führten im VEB Funkwerk Köpenick zur Entwicklung eines Systems kommerzieller Nachrichtensender. In diesem Betrieb werden seit 30 Jahren Sende- und Empfangseinrichtungen für kommerzielle Nachrichtendienste entwickelt und hergestellt.

Bei der Entwicklung und Konstruktion der einzelnen Geräte wurde das Hauptaugenmerk auf universelle Verwendung, Standardisierung, Servicefreundlichkeit und hohe Betriebssicherheit gelegt.

Die Vollzugsordnung für den Funkdienst (VO Funk), die Empfehlungen der CCIR, die Vorschriften der Deutschen Post und des RGW werden eingehalten.

In der schematischen Darstellung (Abb. 1) ist eine Übersicht der Geräte, die zur Aussendung und zum Empfang von modulierten HF-Signalen erforderlich sind, zusammengestellt.

Im linken Teil der Abbildung sind im wesentlichen die zur Erzeugung der hochkonstanten Trägerfrequenz und Modulation derselben benötigten Geräte dargestellt. Dieser Anlagenteil wird als Steuereinrichtung bezeichnet. An ihrem Ausgang steht das modulierte HF-Signal zur Verfügung, das in den auf der rechten Seite der Abbildung dargestellten 3 Typen von Leistungsverstärkern auf die gewünschte HF-Leistung verstärkt wird. Hierbei hat sich aus physikalischen Gründen eine Leistungsstufung von 1 kW, 5 kW und 20 kW als günstigste Lösung erwiesen. Diese 3 Verstärkertypen sind entweder direkt oder über einen Antennenwahlschalter bzw. über Transformationsschaltungen mit den speziellen Antennen verbunden. Alle 3 Verstärker stimmen sich automatisch bei Anliegen eines Startbefehls auf die von der Steuereinrichtung angebotenen Trägerfrequenz ab und sind auch in den Bedienungsfunktionen gleich. Dadurch war es möglich, ein einheitliches Bedien- und Schaltfeld für alle 3 Lei-

stungsverstärker einzusetzen. Dieses Bedien- und Schaltfeld ist ebenfalls in der Steuereinrichtung untergebracht. Damit kann die gesamte Betriebsabwicklung von der Steuereinrichtung aus erfolgen. Die HF-Eingangsschaltung der Leistungsverstärker ist so ausgelegt, daß die Steuereinrichtung bis 100 m von den Leistungsverstärkern abgesetzt werden kann. Dadurch ist anlagentechnisch die Zusammenfassung mehrerer Steuereinrichtungen in zentraler Anordnung möglich. Sie kann aber auch dem Funkerarbeitsplatz zugeordnet werden. Die Steuereinrichtung erlaubt hier direkten Anschluß einer Taste, eines Kopfhörers und zweier Fernschreibmaschinen zum Betrieb bei Funktelegrafie.

Weiterhin kann ein Handapparat angeschlossen werden, der den Betrieb bei Funktelefonie ermöglicht.

Wenn außerdem der NF-Ausgang des ebenfalls im Funkwerk Köpenick hergestellten kommerziellen Einseitenband-Verkehrsempfängers EKD an die Steuereinrichtung angeschlossen wird, kann Duplexbetrieb mit einer Gegenstelle durchgeführt werden, d. h. man erhält eine unabhängige Sende-Empfangsanlage.

Weiterhin sind die beiden Modulationsleitungen Leitung A und Leitung B herausgeführt, die eine getrennte Modulation der beiden Seitenbänder ermöglichen. Diese Leitungen werden benötigt, wenn Informationen oder Daten über Fernleitungen zur Steuereinrichtung gelangen. In diesem Fall kommt ein Fernwirkssystem zum Einsatz, das die Bedienung der Steuereinrichtung aus beliebiger Entfernung ermöglicht. Die Verbindung vom Fernwirkempfänger zur Steuereinrichtung erfolgt über Leitungen. Der Fernwirkempfänger kann dabei einige Meter von der Steuereinrichtung entfernt sein. Bei Fernwirkbetrieb sind zwei Gerätevarianten möglich, entweder nur Programmbetrieb oder freie Wahl der Sendefrequenz und Programmbetrieb. Bei der ersten Variante kann noch weiter unterteilt werden in vollständigen Programmbetrieb, d. h. die 10 möglichen Programme enthalten Frequenz (sechsstellig), Sendart, Kennfrequenzabstand, Tastgeschwindigkeit und teilweisen Programmbetrieb, d. h. nur die Frequenz ist programmiert und alles andere ist fernwählbar. Ein ferner Arbeitsplatz besteht somit aus dem Fernwirkgeber mit der Bedienungstastatur und den beiden Informationsleitungen.

Somit sind also grundsätzlich 3 Bedienungsebenen möglich, und zwar:

1. die Ortsbedienung, wobei die Steuereinrichtung neben den Leistungsverstärker gestellt wird und teilweise die Bedienung auch am Leistungsverstärker erfolgen kann,
2. die abgesetzte Bedienung bis zu 100 m vom Leistungsverstärker; die Bedienung erfolgt dann nur von der Steuereinrichtung;
3. die Fernbedienung, wobei die Modulation über Fernleitung erfolgt, und die Sendebedienung durch den Fernwirkgeber.

Von der Steuereinrichtung aus gelangt das modulierte HF-Signal über ein erdungssymmetrisches HF-Kabel 75 Ohm an die Leistungsverstärkereingänge.

Außerdem werden über zwei 20-adrige Kabel die Frequenzbereichsinformation, die Schaltbefehle, der Startbefehl und die Blockierungs- und Störungsinformation zum jeweiligen Leistungsverstärker übertragen.

Für die Kombination der Steuereinrichtung mit einem 1-kW-Leistungsverstärker ist in der Steuereinrichtung ein Einschub für die Bedienung und Programmierung eines Antennenanpaßvierpols vorgesehen. Für dieses Gerät sind ebenfalls 2 x 20 Adern erforderlich. Damit sind alle Anschlußmöglichkeiten an die STE, die bei den verschiedensten Projektausführungen in Frage kommen, erläutert.

Im nächsten Bild (Dia 1) sehen Sie die konstruktive Ausführung der Steuereinheit. Sie besteht aus einem Gestell mit den Abmessungen

Breite	600 mm
Höhe	1215 mm (1560 mit Montagesockel)
Tiefe	620 mm

und einer Masse von ca. 180 (190) kg.

Das Gerät wird an 220 V, 47,5 ... 65 Hz angeschlossen und nimmt ca. 170 VA auf. Für die Thermostatenheizung kann eine externe Batterie- oder Wechselspannung ca. 24 V angeschlossen werden. Die Aufnahme beträgt 65 VA.

Der klimatische Einsatzbereich beträgt  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+50^{\circ}\text{C}$  Umgebungstemperatur. Die Steuereinrichtung enthält die Einschübe, Frequenz-

dekade, Modulationsgerät, Bedien- und Schaltfeld und wahlweise Steuer- und Programmierereinrichtung für den Anpaßvierpol.

Die Frequenzdekade gestattet die Einstellung aller Frequenzen zwischen 1,5 und 29,9999 MHz in 100-Hz-Schritten. Nach 24stündigem Thermostateneinlauf ist die Frequenzinkonstanz besser als  $5 \cdot 10^{-8}$  innerhalb 24 Std.

Die Frequenzeinstellung erfolgt durch motorangetriebene Schalter, die entweder von Hand an der Frontseite der Dekade oder aber durch das Fernwirksystem betätigt werden können.

(Abb. 2) Die Frequenzdekade setzt ein moduliertes 200-kHz-Eingangssignal in die Sendefrequenzanlage um. Alle zur Umsetzung benötigten Frequenzen werden von einem 1-MHz-Quarzoszillator direkt oder indirekt abgeleitet.

Auf die Stabilität der Sendefrequenz hat daher nur dieser Oszillator Einfluß. Dieses 1-MHz-Signal wird einem Frequenzteiler zugeführt, der durch Teilung 200 kHz als Trägersignal für den Modulator, 100 kHz, 10 kHz und 1 kHz erzeugt. Weiter werden durch Vervielfachung aus 10 MHz 150 MHz gebildet. Durch diese Frequenzen erfolgt die Umsetzung des modulierten 200 kHz-Signals in die Sendefrequenzlage durch drei Mischvorgänge. Zunächst wird das 200-kHz-Signal mit 17 MHz in einem Ringmodulator gemischt und die Differenzfrequenz 16,8 MHz in einem Quarzfilter ausgesiebt.

Durch diesen Mischvorgang erfolgt eine Vertauschung der Seitenbänder. In einem zweiten Mischvorgang erfolgt eine Mischung mit 150 MHz. Die Summenfrequenz 166,8 MHz wird ausgesiebt und in einem dritten Ringmodulator mit einer in dekadischen 100-Hz-Schritten von 165,3 bis 136,8001 MHz einstellbaren Frequenz gemischt. Diese dekadisch einstellbare Mischfrequenz erzeugt ein L-C-Oszillator, der durch eine Phasenregelung die gleiche relative Frequenzstabilität erhält, die der Quarzoszillator besitzt. Die Erzeugung der Regelspannung erfolgt in 6 Kassetten, von denen jede einer Zehnerpotenz der Sendefrequenz ( $10^7$  Hz bis  $10^2$  Hz) zugeordnet ist. Zunächst werden 2 Spannungen erzeugt, von denen eine nur von der Quarzoszillatorfrequenz und dem an den Kassetten für die letzten 3 Dezimalstellen der Sendefrequenz eingestellten Wert abhängt. Die zweite Spannung ist abhängig von der Frequenz des LC-

Oszillators und dem aus den anderen 3 Kassetten eingestellten Frequenzwert. Beide Spannungen haben die gleiche Frequenz, wenn der L-C-Oszillator seine Sollfrequenz erzeugt. Durch einen Phasendiskriminator werden die Phasen beider Spannungen verglichen, und aus der Differenz die Regelspannung gewonnen, die zur Regelung des L-C-Oszillators dient.

Da die Regelspannung vom Phasenunterschied der beiden Spannungen abgeleitet wird, ist der Frequenzfehler Null.

Die modulierte Differenzfrequenz 1,500 MHz bis 29,9999 MHz wird in einem Tiefpaß ausgesiebt und in Breitbandverstärkern auf den Ausgangspegel von etwa 1,5 V an 75 Ohm verstärkt.

(Abb. 3) Die auf den beiden Leitungen oder direkten Eingängen ankommende Information als Telefonie oder Telegrafie wird im Modulationsgerät aufbereitet und in die 200-kHz-Lage transponiert.

Bei den Telegrafiesendearten werden die Telegrafiesignale einem Doppeltastgerät zugeführt. Es besteht aus den Baugruppen Tastimpulsaufbereitung, Impulsformer I und Impulsformer II. Die aufbereiteten Telegrafiesignale erhalten im Impulsformer I eine dem gewählten Kennfrequenzabstand entsprechende Amplitude.

Bei der Sendart F 6 werden in diesem Baustein die Impulse beider Kanäle addiert. Im nachgeschalteten Impulsformer II erfolgt in Filtern (nach CCIR) die der gewählten maximalen Telegrafiegeschwindigkeit entsprechende Bandbegrenzung. Das Doppeltastgerät ist für Gleich- und Wechselstromtastung ausgelegt. Schwankungen der Eingangsspannung von +10 dBm bis +12 dBm werden selbsttätig ausgeregelt. Bei den F-Sendearten gelangt die Tastspannung vom Impulsformer II (Weichtastfilter) in den F-Modulator, einem freischwingenden 200-kHz-Oszillator, dessen Frequenz mit einer Kapazitätsdiode vom Tastsignal beeinflusst wird.

Bei der Sendart A 1 erfolgt die Modulation in einem Ringmodulator. Die Trägerfrequenz 200 kHz wird hierbei als Schaltspannung genutzt.

Für die Sendart A2H wird in einer ähnlichen Schaltung wahlweise die Frequenz 600 Hz oder 1000 Hz getastet. Dieses Signal wird dem Einseitenbandkanal zugeführt, dort mit dem notwendigen Trägerzusatz

versehen und anschließend zu dem vom A1-Modulator gelieferten Signal addiert.

Während des Abstimmprogramms des Senders gibt das Modulationsgerät den unmodulierten Träger ab. Die Amplitude entspricht dabei der Spitzenaussteuerung des Senders. Dieser Vorgang wird durch das Startsignal hervorgerufen; dabei wird über einen Kontakt die ankommende 200-kHz-Spannung über ein Dämpfungsglied direkt an den Ausgang geschaltet. Die Leitungen für die A- und B-Information, die an das Modulationsgerät geführt werden, müssen für die angegebenen Modulationsarten geeignet sein.

Das bedeutet für die Tastarten entweder Gleichstromtastung max. 3600 Bd als Einfachstromtastung, 20 mA bis 40 mA oder Doppelstromtastung  $\pm 13$  mA bis  $\pm 25$  mA, bzw. Tontastung mit ebenfalls max. 3600 Bd, einem Tonfrequenzbereich 800 Hz bis 5000 Hz bei einem Eingangspegel zwischen -12 dB und +10 dB. Für die Telefoniearten ist ein NF-Frequenzbereich von 250 Hz bis 600 Hz bei einem Eingangspegel -12 dB bis +10 dB vorzusehen.

Mit diesem Teil meines Vortrages ist die Umwandlung von Informationen in ein oder zwei getrennte Seitenbänder der Sendefrequenz eines Nachrichtensenders abgeschlossen.

Um die vielen Bedienungsmöglichkeiten rationell anwenden zu können und der Forderung nach schneller Senderbedienung mit geringem Bedienaufwand gerecht zu werden, wurde in der Steuereinrichtung das Bedien- und Schaltfeld vorgesehen. Es können mit Hilfe eines mechanisch rastbaren Programmspeichers 10 komplette Sendeprogramme gespeichert und mit einem Schalter nach Betätigung einer Starttaste abgerufen werden. Der Sender stimmt sich daraufhin auf dieses Programm ab und zeigt dann optisch den Zustand "Betriebsbereit" oder "Betrieb" an, je nach gewünschtem Schaltzustand. Dabei bedeutet Betriebsbereit, daß der Sender sich auf Grund des Startbefehls vollständig abgestimmt und die Ausgangsleistung kontrolliert hat. Der Sender schaltet dann in den Bereitschaftszustand zurück, d.h. die Versorgungsspannungen einschließlich Heizung der Senderöhre werden ebenso wie die forcierte Luftkühlung ausgeschaltet.

Schaltet man jetzt auf die Stellung Betrieb, ist der Sender innerhalb weniger Sekunden betriebsbereit.

Zur Wahl einer beliebigen Frequenz bzw. Sendeart ist am Programmschalter eine Stellung "Handbetrieb" vorgesehen. Sie ermöglicht die freie Frequenzwahl und Einstellung der gewünschten Modulationsart, direkt an der Frequenzdekade bzw. am Modulationsgerät. Durch dieses Gerät ist die vollständig betriebsmäßige Bedienung des gesamten Senders auch im abgesetzten Betriebsfall möglich.

Wie schon eingangs erwähnt, kann zur Fernschaltung der Steuereinrichtung ein Fernwirksystem angeschlossen und dabei folgende Schaltfunktionen fernbedient werden:

Programm	1 aus 10 Befehlen
Frequenz	5 x 1 aus 10 Befehlen
	1 x 1 aus 3 Befehlen
Sendearten	1 aus 10 Befehlen
Kennfrequenzabstand und Tastgeschwindigkeit	1 aus 10 Befehlen
Eingangszahl A	1 aus 4 Befehlen
Eingangszahl B	1 aus 4 Befehlen
Betriebszustand	1 aus 5 Befehlen

Außerdem wird vom Sender der Schaltzustand Ortsbedienung, Störung, Betriebsbereit und Betrieb zurückgemeldet, also praktisch alle Informationen, die im Bedien- und Schaltfeld vorhanden sind.

(Dia 2) Das Fernwirksystem besteht aus einem Geber und einem Empfänger, der jeweils als Einschub mit Gehäuse ausgeführt ist. Die Abmessungen für den Geber sind:

Höhe	299 mm
Tiefe	440 mm
Breite	528 mm

und die Masse ca. 33 kg.

Für den Empfänger betragen die Abmessungen:

Höhe	333 mm
Tiefe	576 mm
Breite	528 mm

und die Masse 38,5 kg.

Der Netzanschluß für beide Geräte erfolgt an 220 V 47,5 ... 63 Hz.

Der Betriebstemperaturbereich umfaßt  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+50^{\circ}\text{C}$ . Zur Verbindung zwischen Geber und Empfänger sind zwei Übertragungsarten vorgesehen, und zwar durch 4-Draht-Doppelstromimpulse  $+20\text{ mA}$  für Anschluß einer WT-Anlage oder durch eine 2-Draht-NF-Leitung mit Zweitontastung. Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt mit Rücksicht auf ältere WT-Anlagen 50 Bd, sie kann jedoch auf 100 Bd erhöht werden.

(Abb. 4) Das Übertragungsprinzip beruht auf der Übertragung serieller Telegramme über Leitungen. Die Befehlsausgabe am Geber erfolgt durch Drücken von Rasttasten, die neben der Speichereigenschaft, die Umwandlung vom dekadischen System in die Tetrade des Binärcodes durchführen. Die Tasten sind in Gruppen zusammengefaßt, in denen sich die Befehle gegenseitig ausschließen.

Die Tetraden werden als Parallelinformation Koinzidenzschaltungen eingegeben, in denen im wesentlichen eine Parallel-Serien-Umsetzung und eine Zwischenspeicherung stattfindet. Die Umsetzung erfolgt durch Abtasten der Tetrade jeder Gruppe, wodurch eine Folge von Impulsen entsteht, deren Umfang durch die Anzahl der Gruppen mal 4 Impulsschritten je Tetrade gegeben ist.

Je nach Markierung mit L oder 0 wird ein Impuls oder eine gleichlange Impulspause erzeugt. Zum Zwecke der Synchronisierung von Geber und Empfänger wird jeder Gruppe noch ein Startimpuls hinzugesetzt und dann einer Torschaltung zugeführt. Diese Impuls- bzw. Pausendauer beträgt nach der gewählten Übertragungsgeschwindigkeit 20 ms.

Diese Abtastimpulse von 20 ms Dauer werden durch Frequenzteilung aus der Taktfrequenz von 6400 Hz gewonnen. Die Umschaltung von Senden auf Empfang und umgekehrt wird durch die Synchronisierschaltung vorgenommen, welche die für die Senderichtung zuständige Logik auf der Torschaltung freigibt und die für die Empfangsrichtung zuständige Logik sperrt und umgekehrt. Das von der Torschaltung abgegebene Impulstelegramm wird entweder einem Doppelstromumsetzer oder einem Sendeumsetzer zugeführt, der für L 800 Hz und für 0 1066 Hz abgibt. Das über die Leitung abgegebene Impulstelegramm wird dem Fernwirkempfänger zugeführt, dort zwischengespeichert und wieder

zurückgesendet. Im Geber wird es dann entweder dem Doppelstromumsetzer oder Empfangsumsetzer zugeführt, verstärkt, begrenzt über den Frequenzdiskriminator demoduliert und dem Eingang der Torschaltung zugeführt. Während der Empfangszeit ist dieses durchgeschaltet, und die Impulse stellen die Speicher auf der Koinzidenzschaltung ein. Nach Serien-Parallelumsetzung werden die Speicherinhalte mit den von der Befehlseingabe vorliegenden Informationen verglichen und bei Übereinstimmung angezeigt.

(Abb. 5) Der Empfang von Impulstelegrammen am Fernwirkempfänger erfolgt in ähnlicher Weise wie beim Geber.

Über Doppelstromumsetzer oder Empfangsumsetzer werden nach Verstärkung, Begrenzung und Demodulation die Impulse der Torschaltung zugeführt, die während der Empfangszeit durchgeschaltet ist.

Diese Impulse stellen entsprechend dem ankommenden Telegramm Zwischenspeicher ein. Nach der Serien-Parallelumsetzung werden die Zwischenspeicher seriell abgefragt und das entstehende Impulstelegramm zum Geber zurückgesendet, dort mit den eingegebenen Befehlen verglichen und das Ergebnis beim nächsten Sendezyklus des Gebers mit dem Befehlstelegramm an den Empfänger gemeldet. In diesem werden die Anzahl der Empfangsumschaltungen und die Anzahl der Übereinstimmungen gezählt und miteinander verglichen. Bei 2, 4 oder 8-maliger aufeinanderfolgender Übereinstimmung der beiden Zählergebnisse wird die Abspeicherung der Zwischenspeicherinhalte an die Angabespeicher ausgelöst. Die Anzahl der Wiederholung ist einstellbar. Die Ausgabespeicher steuern direkt die Relais der Befehlsausgabe, mit deren Kontakten die Dekodierung erfolgt. Dadurch wird eine galvanische Trennung des Fernwirkempfängers von der Steuereinheit erreicht. Bei Programmwechsel und bei Änderung des Betriebszustandes wird ein Startsignal zum Auslösen der Abstimmautomatik, des Senders erzeugt. Bei aufgetrenntem Übertragungsweg zum Beispiel bei Vermittlung bleiben die Ausgabespeicherinhalte unverändert, so daß keine Beeinflussung des Senders erfolgt.

Die Umschaltung zwischen Fernbedienung und Bedienung von der Steuereinrichtung erfolgt auf dem Bedien- und Schaltfeld.

In diesem Teil meines Vortrages wurden Sie mit der Frequenzerzeugung und Signalaufbereitung sowie einigen Möglichkeiten der Be-

triebsabwicklung bekannt gemacht. Im zweiten Teil werden wir uns mit der Leistungserzeugung und Ausstrahlung befassen. Dazu noch einmal Abbildung 1.

Es stehen 3 Leistungsverstärker zur Verfügung, und zwar für 1 kW, 5 kW und 20 kW. Der 1-kW-Leistungsverstärker ist für den mobilen und ortsfesten Einsatz vorgesehen. Der 5-kW- und der 20-kW-Leistungsverstärker sind für den ortsfesten Einsatz bestimmt.

Der 1-kW- und 5-kW-Leistungsverstärker haben ein eingebautes Kühleuftsystem, das die umgebende Raumluft mit einbezieht. Der Anschluß an die Außenluft ist möglich. Die Luftfilterung erfolgt bei diesen beiden Typen durch Viskosefilter, die sich im Leistungsverstärker befinden.

Beim 20-kW-Leistungsverstärker ist ein externes Lüftungssystem erforderlich. Dazu wird der Einbau eines wartungsfreien Rollband-Viskosefilters und die Verwendung von Schalldämpfern empfohlen. Konstruktiv sind alle 3 Typen in Gestellbauweise ausgeführt, wobei Funktionsgruppen weitgehendst in Einschüben oder Einsätzen untergebracht sind. Die Anschlüsse für die Versorgungsleitungen und die Leistungsausgänge sind so angeordnet, daß keine besonderen Anforderungen an die Gebäudeprojektierung erforderlich sind. Es werden z.B. keine Unterkellerungen oder Kabelkanäle im Fußboden benötigt.

Die 3 Leistungsverstärker sind durch einen hohen Standardisierungsgrad gekennzeichnet. Zur Durchführung der automatischen Frequenzabstimmung werden weitgehendst einheitliche Funktionselemente und Baugruppen, wie Meßwertgeber, Antriebselemente und Leiterplatten, verwendet.

Dadurch wird das Sortiment der Ersatzteilerhaltung wesentlich eingeschränkt, wenn auf einer Sendestelle mehrere Verstärkertypen eingesetzt sind.

Auf Grund der unterschiedlichen Anwendungsfälle ist auch der klimatische Einsatzbereich bei den 3 Verstärkertypen verschieden. Der 1-kW-Verstärker ist wegen der mobilen Einsatzmöglichkeit für einen Temperaturbereich von  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+50^{\circ}\text{C}$  ausgelegt. Der zugehörige Antennenpaßvierpol, der aus taktischen Gründen vom Verstär-

ker abgesetzt am Fußpunkt dieser Antenne betrieben werden kann, ist für einen Temperaturbereich von  $-25^{\circ}\text{C}$  bis  $+50^{\circ}\text{C}$  geeignet. Die Leistungsverstärker für 4 kW und 20 kW wurden für ortsfesten Betrieb für einen Temperaturbereich von  $+5^{\circ}\text{C}$  bis  $-40^{\circ}\text{C}$  vorgesehen.

Das trifft auch für einen Antennenwahlschalter zu, der als Anlagenzubehör für die 5-kW- und 20-kW-Verstärkerausführungen vorgesehen ist. Die Energieleitungen, Symmetrier- und Transformationseinrichtungen und Antennenumschalter sind als Freiluftausführungen dem entsprechenden Temperaturbereich angepaßt.

Durch den Einsatz dieser fernbedienbaren automatischen Kurzwelnsender und des Senderzubehörs, das auf Grund seiner Konstruktionsmerkmale in einem weiten Temperaturbereich eingesetzt werden kann, ergibt sich eine große Beweglichkeit in der Anlagentechnik. Die unterschiedlichsten Projektierungsaufgaben lassen sich optimal lösen. Es lassen sich Sendezentren aufbauen, die bei Entlastung der menschlichen Arbeitskraft die Forderung nach schnell herstellbaren sicheren Nachrichtenverbindungen in vollem Umfang zuverlässig erfüllen.

Im weiteren sollen die einzelnen Geräte vorgestellt werden.

Der lineare Sendeverstärker KN 1-E, den wir im Bild sehen (Dia 3), besteht aus dem Einschub Leistungsverstärker, dem Einschub Netzgerät und dem Luftfilter für die forcierte Kühlung der Röhren des Leistungsverstärkers. An der Frontplatte des Leistungsverstärkers sind die Bedienelemente, die HF-Ein- und Ausgangsbuchse und Kontrollinstrumente untergebracht.

Für die Nennleistung 1000 W beträgt der HF-Eingangspiegel von der Steuereinrichtung 1 V an 75 Ohm.

Am Eingang befindet sich ein motorantriebener Pegelregler mit einem Regelumfang von ca. 12 dB sowie festen fernschaltbaren Dämpfungsgliedern für die Leistungsreduzierung auf 0,1 P bzw. 0,3 P.

Ein nachfolgender Transistor-Breitbandverstärker verstärkt den Eingangspiegel um ca. 4 bis 8 dB und steuert damit das Gitter der

Röhre SRL 460 bzw. 4 CX 250 B des selektiven Vorverstärkers. Diese Röhre wird als A-Verstärker betrieben und verstärkt das Signal auf 3 bis 4 Watt, d. h. ca. 40 V an 500 Ohm.

Der Anodenkreis der Vorstufe wird durch ein  $\pi$ -Filter mit Variometerabstimmung gebildet, dessen Kapazitäten für den gesamten Frequenzbereich nunmal umgeschaltet werden. Zur Messung der Abstimmungslage dieses Kreises wird ein  $90^\circ$ -Phasenindikator im induktiven Zweig benutzt.

Der Filterabschlußwiderstand 500 Ohm ist gleichzeitig der Gitterableiter für die Röhren der Endstufe. Die Endstufe ist aus 4 Röhren des gleichen Typs der Vorstufe aufgebaut, die parallelgeschaltet sind und im A,B-Betrieb arbeiten und die Leistung von 1000 W an 60 Ohm erzeugen.

Wie in der Vorstufe wird auch in der Endstufe ein  $\pi$ -Filter verwendet, wobei wiederum die Kapazitäten in 9 Bereichen umgeschaltet werden, und zwar mit dem gleichen Servo-Antrieb.

Für jeden Teilbereich ist der Anoden- und Auskoppelkondensator und eine zugehörige Arbeitsdrossel zu einer Baueinheit zusammengefaßt worden.

Das Variometer hat ebenso wie das der Vorstufe einen eigenen Antrieb und beide sind als Kegelvariometer frequenzlinear, bezogen auf den Drehwinkel, aufgebaut. Zur Abstimmung wird ebenfalls ein  $90^\circ$ -Phasenindikator benutzt.

Alle fünf im Leistungsverstärker eingesetzten Röhren werden forciert luftgekühlt, der erforderliche Lüfter ist im Einschub mit untergebracht.

Am Senderausgang befindet sich ein Leistungs- und Fehlanpassungsmesser, der bei einem Stehwellenverhältnis von  $s$  größer 2,5 den Sender abschaltet.

Dieser Sender besitzt insgesamt 4 Servomotoren, und zwar einen zur Einstellung der Ausgangsleistung in Abhängigkeit vom Anodenstrom bzw. Schirmgitterstrom der Endstufenröhren, einen weiteren für die Umschaltung der Kondensatoren der Vor- und Endstufe und je einen für die Variometer der Vor- und Endstufe.

Die Versorgung des Leistungsverstärkers erfolgt für die Anoden- und Schirmgitterspannung aus dem Einschub Netzgerät. Die Schirmgitterspannung wird einem Regelnetzteil entnommen. Alle übrigen Spannungen werden im Leistungsverstärker erzeugt. In der Periode der Vorheizung und der Bereitschaftsstellung (Stand-by) des Leistungsverstärkers werden die Röhren nur mit 60 % ihrer Heizleistung betrieben. Dabei bleibt der Lüfter ausgeschaltet. Beim Einschalten der vollen Heizleistung bei Sendebetriebe wird gleichzeitig der Lüfter eingeschaltet.

Die Kühlluft wird dem umgebenden Raum über ein Viskosefilter entnommen und auch dorthin wieder abgegeben. Eine gesonderte Luftkühlung der Zu- und Abluft ist möglich. Durch ein zusätzliches Netzregelgerät können Netzspannungsschwankungen in weiten Grenzen ausgeregelt werden. Für Reparaturen und alle Abstimmhilfen ist eine luftgekühlte künstliche Antenne vorgesehen. Ein eingebauter HF-Umschalter erlaubt die betriebsmäßige Umschaltung zwischen künstlicher und Betriebsantenne.

Durch eine Reihe von Schutzeinrichtungen wird der Leistungsverstärker bei zu hoher Fehlanpassung, Röhrenüberschlägen, Lüfterausfall, Ausfall einzelner Versorgungsspannungen usw. zuverlässig geschützt.

Die Ausgangsschaltung des Leistungsverstärkers besitzt keine Transformationseigenschaften und setzt deshalb einen reellen Außenwiderstand voraus. Weicht der angeschlossene Außenwiderstand von 60 Ohm ab, so kann innerhalb des Fehlanpassungskreises  $S \leq 2$  Leistung ausgekoppelt werden. Die Größe der auskoppelbaren Leistung richtet sich dann bei größeren Widerständen als 60 Ohm nach dem zulässigen maximalen Schirmgitterstrom und bei kleineren Widerständen nach dem zulässigen maximalen Anodenstrom.

Der KN 1-E, der sowohl auf dem kommerziellen wie militärischen Sektor Anwendung findet, ist für spezielle Antennenarten vorgesehen, die einen stark unterschiedlichen Scheinwiderstand besitzen. Es wurde deshalb ein Anpaßgerät vorgesehen, das vom Leistungsverstärker über Kabelverbindungen bis zu 500 m abgesetzt und fernbedient werden kann. Diese Art der Anlagenausführung erlaubt die Auswahl des günstigsten Aufstellungsortes der Antenne. Es kann zum Beispiel eine Entkopplung der Sendeantenne von der Empfangsantenne vorgenom-

men werden oder es können irgendwelche taktischen Forderungen erfüllt werden.

(Dia 4) Das Anpaßgerät, das Sie in der völlig geschützten Ausführung im Bild sehen, erlaubt im Frequenzbereich 1,3 bis 50 MHz bei einer maximalen HF-Leistung von 1250 W zum Beispiel die Anpassung folgender symmetrischer und mit Symmetrieübertrager unsymmetrischer Antennen:

L-Antenne	(H ~ 10 m; L = 10 m)
T-Antenne	(H = 10 m; L = 10 m)
Doppel-T-Antenne	(H = 10 m; L = 2 x 5 m)
6-m-Stabantenne	
10-m-Stabantenne	
Schrägdrahtantenne	(H = 10 m; L = 12 m)
Vertikalreuse	(H = 24 m oder B = 36 m)
Symmetrische V-Antenne.	

(Abb. 7) Die Grundschaltung besteht aus einem C-L-Glied mit C im Querzweig und dem L im Längszweig. Diese Schaltung hat die Eigenschaft, daß sie die reelle Widerstandskomponente  $R_A$  des Antennenwiderstandes auf den Wellenwiderstand Z des Kabels transformieren kann. Für die Dimensionierung der Blindschaltetelemente bzw. Funktion der Schaltung gelten die angegebenen Beziehungen Abb. 7. Diese haben nur Gültigkeit für  $R_A < Z$ .

Das minimale  $R_A$  ist gegeben durch den maximal einstellbaren Wert von  $y$ ; mit dem Blindwiderstand  $jX_A$  kann ein kapazitiver Blindwiderstand  $-j \times A$  die Antenne kompensiert werden. Ist  $X_A$  induktiv, muß ein Verkürzungskondensator in den Antennenkreis eingeschaltet werden, damit die Reihenschaltung aus Verkürzungskondensator und  $X_A$  stets kapazitiv ist, d. h. mit L abstimmbare ist.

Ist die reelle Widerstandskomponente der Antenne  $R_A > Z$ , so muß grundsätzlich mit einer Vortransformation gearbeitet werden, indem parallel zum Antennenwiderstand  $R_A \pm X_A$  ein Kondensator geschaltet wird, der die reelle Komponente von  $R_A$  so verkleinert, daß die Bedingung  $R_A < Z$  erfüllt ist.

Auf Grund der Anpaßbedingungen kann die Schaltung so niederohmig werden, daß unzulässig große Ströme auftreten. Wird bei Abstimmung der maximal zulässige Strom durch das Variometer überschritten, erfolgt eine automatische Rückschaltung der Leistung auf 300 W. Das gleiche trifft zu, wenn die zulässige Innentemperatur im Gerät von 70 °C überschritten wird.

Die Einstellung der einzelnen Bauelemente erfolgt durch Servoantriebe, die über kodierte Leistungsverbindungen von einem in der Steuereinrichtung untergebrachten Bediengerät fernbedient werden können. Dabei können der Kondensator und die Spule in je 1728 Schritten verändert werden, wobei jeweils 3 Schalter in 12 Stellungen zu verändern sind. Für die Verkürzung bzw. Vortransformation sind einschließlich Freischalten und Erden der Antenne ebenfalls 12 Stellungen vorgesehen.

Am Eingang des Transformationsteiles befindet sich der 60-Ohm-Betragsmesser, mit dem durch Umschaltung auch der Eingangsstrom gemessen werden kann. Durch Betätigung der Schalter erfolgt die Abstimmung so, daß der Betragsmesser auf Minimumanzeige eingestellt wird.

In der Bedienungsanleitung des Gerätes sind für typische Antennenformen Abstimmstabellen enthalten, nach denen eine Transformation durch Interpolation durchführbar ist.

Das Bediengerät enthält programmierbare Speicher, wodurch die Speicherung von 10 Einstellungen für jeden der 7 Schalter möglich ist. Damit können für 10 Sendefrequenzen Transformationswerte eingespeichert werden. Bei unbekanntem Antennen wird folgendermaßen verfahren:

- der Leistungsverstärker wird auf künstliche Antennen abgestimmt und auf 100 W zurückgeschaltet;
- der Leistungsverstärker wird mittels des in der künstlichen Antenne eingebauten HF-Schalters auf die Anpaßschaltung umgeschaltet;
- es wird nach einem in der Bedienungsanleitung angegebenen Verfahren das Minimum am Betragsmesser ermittelt;
- die zugehörige Schalterstellung wird protokolliert oder gespeichert.

Die Anpaßschaltung ist in einem schwallwasserdichten Gehäuse untergebracht und hat sich u.a. an Deck von Schiffen ausgezeichnet bewährt. Der Temperaturbereich für diese Ausführung beträgt  $-25^{\circ}\text{C}$  bis  $+55^{\circ}\text{C}$ .

Die Abmessungen sind

Breite	920 mm
Höhe	900 mm
Tiefe	714 mm.

Wir bieten jedoch auch leichtere Ausführungen an sowie Einzelgeräte, die aus einem Bediengerät und einer Anpaßschaltung bestehen.

#### KN 5-E

Der nächstgrößere Typ der Leistungsverstärker ist der KN 5-E. Er ist für den Einsatz im kommerziellen Funkweitverkehr auf festen Funkstellen und Küstenfunkstellen vorgesehen. (Dia 5)

Die wichtigsten technischen Daten sind:

Frequenzbereich	3 bis 30 MHz
HF-Ausgangsleistung	5 kW Nennleistung
Senderausgang	60 Ohm erdunsymmetrisch (Steckverbindung 60-11/30)
Zulässige Fehlanpassung	s - 2,0
Netzanschluß	3x380 V; 47,5 bis 63 Hz; 15 kVA
Abmessungen	Breite 1462 mm Höhe 2026 mm Tiefe 820 mm Masse 1060 kg

Der lineare Leistungsverstärker besteht aus 2 Gestellen, von denen das eine den Leistungsverstärker mit Lüfter und das andere die Stromversorgung enthält. An der Frontseite des Leistungsverstärkers sind die Bedienelemente und die Kontrollinstrumente untergebracht.

Zur Erzeugung der Nennleistung 5 kW wird eine Schaltungsanordnung nach folgender Abbildung (Abb. 8) verwendet. Der Eingangspegel 1 V an 75 Ohm gelangt von der Steuereinrichtung an die

fernbedienbare Regelschaltung mit einem Regelumfang von 25 dB, außerdem wird hier die Leistungsreduzierung auf 0,1 P und 0,3 P vorgenommen, die ebenfalls fernbedienbar ist. Diese Regelschaltung stellt zu Beginn des Abstimmvorganges einen Eingangssollwert automatisch bereit. Dabei werden Längen- und Frequenzeinflüsse des Zuleitungskabels ausgeregelt. Im weiteren Verlauf der Abstimmung erfolgt hier die Einstellung der Ausgangsleistung nach dem Kriterium des Leistungsmessers.

Die HF-Regelschaltung enthält einen transistorisierten Breitbandverstärker, der die Eingangsspannung von ca. 2 V an die Gitter der aus zwei parallelgeschalteten Sendepentoden SRS 551 bestehenden 1. Stufe führt. Der Anodenkreis dieser Vorstufe besteht aus einer variablen L-C-Kombination, die im gesamten Kurzwellenbereich kontinuierlich durch einen Servoantrieb durchstimmbar ist. Als Abstimmkriterium wird eine  $90^\circ$ -Phasenbrücke benutzt.

Die in der ersten Vorstufe auf ca. 50 V verstärkte HF-Spannung gelangt an die Treiberstufe, die aus vier parallelgeschalteten Sendetetroden SRL 460 bzw. 4 CX 250 B besteht und die forciert gekühlt werden.

Der Anodenkreis dieser Stufe besteht aus einer in Stufen schaltbaren Kondensatorenordnung, deren Einstellung von der Frequenz abgeleitet wird und einer kontinuierlich durchstimmbaren Induktivität, deren Servoantrieb von einem  $90^\circ$ -Phasenindikator gesteuert wird. Durch diese Anordnung erfolgt die Transformation des Eingangswiderstandes der nachfolgenden Endstufe auf den Arbeitswiderstand ohne Phasendrehung. Die Ausgangsleistung der Treiberstufe beträgt ca. 350 W an 60 Ohm. In der Endstufe wird eine Sendetriode SBS 353 in Gitterbasisschaltung betrieben, die ebenfalls forciert luftgekühlt wird. Diese Röhre arbeitet auf ein Doppel- $\pi$ -Filter, in dem die Abstimmung und Transformation des Lastwiderstandes erfolgt. Die Einstellung der Kondensatoren dieses Filters, die in Stufen geschaltet werden, erfolgt ebenfalls durch die an der Steuereinrichtung eingestellten Frequenz. Die Abstimmung dieser Stufe wird über einen Servoantrieb durch einen  $90^\circ$ -Phasenindikator und die Transformation des Lastwiderstandes durch das Ra-Kriterium des Leistungs- und Fehlanpassungsmessers vorgenommen.

Zur Verringerung von Intermodulationsprodukten wird eine Gegenkopplung von der Anode der Endstufe auf das Gitter der Treiberstufe geführt. Die Einschaltung dieser Gegenkopplung erfolgt, wenn die hochfrequenzmäßige Abstimmung beendet ist, aber bevor die Einstellung der Leistung des Leistungsverstärkers erfolgt.

In einem, dem Doppel- $\pi$ -Filter nachgeschalteten Oberwellenfilter erfolgt eine zusätzliche Dämpfung der Harmonischen der Sendefrequenz. Durch den Leistungs- und Fehlanpassungsmesser gelangt die HF-Leistung an den Verstärkerausgang, der sich auf der Oberseite des Gestells befindet.

Mit Hilfe einer Reihe von Schutzeinrichtungen wird der Verstärker bei Fehlanpassung und Überlastung zuverlässig geschützt.

Die für den Leistungsverstärker benötigten Spannungen, insbesondere die Hochspannungen, werden dem Gestell Stromversorgung entnommen. Der Drehstrom-Leistungsschalter arbeitet kontaktlos mit Thyristoren.

Ein internes Netzregelgerät garantiert die notwendige Konstanz der Röhrenheizspannungen und Gitterverspannungen. Alle Gleichrichterstrecken, auch der Drehstrombrückengleichrichter für die Anodenspannung der Endröhre, sind mit Siliziumdioden aufgebaut.

Als letzten Vertreter der Typenreihe der Leistungsverstärker ist der KN 20-E zu nennen, der ebenfalls im kommerziellen Funkverkehr auf festen Funkstellen eingesetzt werden kann. Im Bild (Dia 6) sehen Sie die konstruktive Gestaltung.

Die wichtigsten technischen Daten sind:

Frequenzbereich	3 ... 30 MHz
HF-Ausgangsleistung	20 kW Nennleistung
Senderausgang	60 Ohm erdunsymmetrisch
zul. Fehlanpassung	s 2 bis 1,2 bei 30 MHz
Netzanschluß	3x380 V; 47 kVA
Kühlung	forcierte Luftkühlung durch externe nicht zum Lieferumfang gehörende lufttechnische Anlage

Abmessungen	Breite	1462 mm
	Höhe	2026 mm
	Tiefe	1350 mm
	Masse	Verstärker 680 kg
		Stromversorgung 1200 kg

Der lineare Leistungsverstärker besteht ebenfalls aus 2 Gestellen, nämlich dem eigentlichen HF-Verstärker und der Stromversorgung. Die Bedien- und Kontrollelemente sind an der Frontseite des Leistungsverstärkers untergebracht. Die Zu- und Ableitung der Luft sowie der HF-Ausgang befinden sich auf der Oberseite des Verstärkers.

Auf Grund des höheren Kühlluftbedarfs werden externe Zu- und Ablüfter verwendet, wobei die Reinigung der Kühlluft über wartungsfreie Rollbandviskosefilter erfolgt. Den schaltungstechnischen Aufbau des HF-Leistungsverstärkers 20 kW zeigt die nächste Abbildung (Abb. 9).

Die Eingangsschaltung einschließlich der Vorstufe ist die gleiche wie beim Leistungsverstärker für 5 kW.

Die Treiberstufe besteht im Gegensatz zum 5-kW-Leistungsverstärker nur aus zwei parallelgeschalteten Sendetetroden SRL 460, denn die nachfolgende Endstufentetrode arbeitet ohne Steuerleistung. Der Anodenkreis der Treiberstufe besteht, wie der der Vorstufe, aus einer über den gesamten Frequenzbereich kontinuierlich durchstimmbaren L-C-Kombination. Das erforderliche Abstimmkriterium wird ebenfalls aus einer  $90^\circ$ -Phasenbrücke gewonnen. Die Endstufenröhre RS 1 082 CL arbeitet gitterstromlos im A-Betrieb und ist wie die Treiberstufe forciert luftgekühlt. Das Schirmgitter ist durch 8 Glimmerkondensatoren, die um die Röhre herum angeordnet sind, zur geerdeten Platte hin abgeblockt. Der Anodenkreis der Endstufe besteht aus einem einfachen  $\gamma$ -Filter, das aus einem variablen Vakuumkondensator, einem Schleifvariometer und der durch den Aufbau der Abschirmung und den Eingang der umschaltbaren Oberwellenfilter gebildeten Kapazität gebildet wird. Durch gleichzeitige Variation des Vakuumkondensators und des Schleifvariometers wird die Abstimmung und Transformation des Lastwiderstandes im ge-

samen Frequenzbereich und bei der zulässigen Fehlanpassung ohne Umschaltung erreicht. In einem umschaltbaren Oberwellenfilter erfolgt die erforderliche Dämpfung der Harmonischen der Sendefrequenz im 8 Bereichen.

Durch eine Gegenkopplung vom Schirmgitter der Endstufe auf die Kathode der Treiberstufe sind die nicht linearen Intermodulationsprodukte besser als 40 dB. Vom Oberwellenfilter gelangt die HF-Leistung durch den Leistungs- und Fehlanpassungsmesser an den Senderausgang.

Auf Grund des großen Leistungsumsatzes ist der Aufwand an Schutzschaltungen erheblich größer als beim 5-kW- oder 1-kW-Leistungsverstärker. Die Energie, die in den Siebmitteln und dem Hochspannungstrafo für die Anodenspannungsversorgung enthalten ist, kann bei einem Röhrenüberschlag zu erheblichen Schäden im Inneren der Röhren führen. Diese Energie wird deshalb mit Hilfe eines Ionotrons innerhalb weniger Mikrosekunden abgebaut. Darüber hinaus werden alle hochbelasteten Bauelemente, wie Vakuumkondensator, Oberwellenfilter und Endröhren, durch spezielle Schutzeinrichtungen bei Überspannungen und Fehlanpassung zuverlässig geschützt.

Die für den HF-Leistungsverstärker benutzten Versorgungsspannungen werden wie beim 5-kW-Verstärker dem Gestell Stromversorgung entnommen. Auch hier arbeitet der Drehstromleistungsschalter kontaktlos mit Thyristoren. Zum Schutz der Siliziumgleichrichter für die Hochspannungsversorgung ist ein Wechselstrom-Ionotron vorhanden.

Bei allen drei Leistungsverstärkertypen erfolgt die Betätigung der stetig variablen und gestuften HF-Bauelemente durch vereinheitlichte Servoantriebe. Diese Servoantriebe unterscheiden sich nur in den Getriebestufen entsprechend ihres Verwendungszweckes. Die aus den Phasenindikatoren und dem Leistungs- und Fehlanpassungsmesser gewonnenen Abstimmkriterien werden einem Steuerblock zugeführt, der den Abstimmvorgang organisiert. Bei den 3 Verstärkertypen ist die Grundausrüstung in den Steuerblöcken gleich, nur für

den 5-kW- und 20-kW-Typ sind Zusatzprogramme erforderlich.

In vereinfachter Darstellung wird der Abstimmprozeß nach folgendem Schema durchgeführt:

- Durch ein Startsignal wird die Grobabstimmung ausgelöst. Alle Servoantriebe stellen die Abstimmelemente in eine Voreinstellung, die aus dem Einstellwert der Frequenzdekade abgeleitet wird. Der Abstimmpegel wird von der Frequenzdekade bereitgestellt.
- Danach erfolgt die Feinabstimmung nach HF-Kriterien, beginnend bei der 1. Stufe bis zur Endstufe. Sind alle Stufen abgestimmt, wird die Gegenkopplung angeschaltet (5 kW, 20 kW). Vom Leistungs- und Fehlanpassungsmesser wird zum Abschluß die Nennleistung eingestellt und das Abstimmende angezeigt, wobei die Umschaltung auf die gewünschte Sendart und Leistungsstufe erfolgt.

Ein zentrales Zubehörteil zur Realisierung von Sendezentren ist der Antennenwahlschalter (Dia 7). Er dient zur wahlweisen Umschaltung von maximal 10 Sendern bis 20 kW Nennleistung im Frequenzbereich 1,5 bis 30 MHz mit koaxialem Ausgang von 60 Ohm auf maximal 19 Energie-Leitungen bzw. Antennen.

Die höchste Durchgangsleistung je Leitungsweg beträgt bei Anpassung 40 kW, die höchste zulässige Fehlanpassung im Betrieb beträgt  $s = 2,2$ .

Die Übersprechdämpfung ist besser als 80 dB, und die maximale Durchgangsdämpfung ist besser als 0,2 dB.

Die Durchschaltung eines Senders auf eine Antenne dauert weniger als 1 Sekunde. Der Antennenwahlschalter wird an ein 380-V-Drehstromnetz mit einer Netzfrequenz von 47,5 bis 63 Hz angeschlossen. Der Anschlußwert beträgt maximal 1,3 kVA.

Die Abmessungen sind

Breite	2171 mm
Höhe	2026 mm
Tiefe	820 mm

und die Masse 1500 kg.

Der Antennenwahlschalter ist nach dem Prinzip eines Koordinatenschalters aufgebaut; es stellen die Senderleitungen die Zeilen und die Antennenleitungen die Spalten einer Matrix dar. Damit kann jeder Sender mit jeder beliebigen Antenne verbunden werden. Jedes Element dieser Matrix besteht aus dem HF-Schalterteil und dem Antriebsteil.

Alle HF-Schalterteile bestehen aus einem Alu-Gußgehäuse. Sie sind miteinander verschraubt und auf einem Sockelrahmen aufgebaut. Ein HF-Schalterteil besteht aus 3 Schaltstücken, die isoliert durch eine gemeinsame Keramikwelle, drehbar gelagert sind. Zwei der Schaltstücke sind auf der Keramikwelle um  $90^\circ$  gedreht und in zwei Ebenen versetzt, montiert.

Sie stellen jeweils ein waagrechtes und senkrechtcs Leitungstück dar, das mit seinen benachbarten Elementen über einen Doppelkontakt Verbindung erhält. Das dritte Schaltstück, das sogen. Überschalstück, ist in der Lage, die beiden Ebenen zu verbinden, es ist in sich um  $90^\circ$  gekröpft.

In der Ruhestellung stellen die waagerechten und senkrechten Leitungsteile Verbindungen her. Beide Ebenen haben keinen Kontakt, und das Überschalstück liegt an Masse. Wird diese Anordnung um  $90^\circ$  gedreht, geraten die waagerechten Schaltstücke außer Eingriff, und das Überschalstück verbindet beide Ebenen miteinander. Damit ist die Verbindung zwischen Sender und Antenne hergestellt. Jedes HF-Schalterteil wird von einem Antriebsteil betätigt, das in der Lage ist, den HF-Schalterteil um  $90^\circ$  vor- und zurückzustellen.

Das Antriebsteil besteht aus einem Motor mit Kurbeltrieb und einer Steuerlogik. Die Elemente der Matrix sind bei voller Ausbaustufe des Antennenwahlschalters 190mal vorhanden. Die koaxialen Senderanschlüsse befinden sich auf der linken Seite des Antennenwahlschalters. Die Antennenanschlüsse sind nach oben herausgeführt. Die Matrix wird umrandet von der Zeilen- und Spaltenlogik. Hierdurch werden die logischen Verknüpfungen, die zur Bildung eines Kreuzpunktes erforderlich sind, hergestellt und die notwendige Blockierung organisiert. So wird zum Beispiel der

Träger gesperrt, wenn ein HF-Schalterteil umschaltet oder ein in der gewählten Antennenleitung liegender Antennenumschalter betätigt wird.

Außerdem wird kontrolliert, ob ein Sender nur mit einer Antenne verbunden ist und umgekehrt. Einige weitere periphere Funktionselemente werden für die Anzeige, Überwachung und zur Verstärkung benutzt. Alle Funktionseinheiten sind in diskreter Halbleitertechnik aufgebaut. Die Versorgungsspannungen betragen +24 V und minus 3 V.

In den Bediengeräten werden außerdem für die Ziffernanzeige +100 V und +200 V benötigt, die dort selbst erzeugt werden.

Die +24 V-Spannung ist in 3 Kreise aufgeteilt, die durch Halbleiterschalter, die gleichzeitig als elektronische Sicherungen arbeiten, abschaltbar sind.

Das ist dann der Fall, wenn zum Beispiel eine Netzphase oder die -3 V-Sperrspannung ausfällt, bzw. wenn eine Spannung aus Funktionsgründen nur zeitweise benötigt wird.

Im Antennenwahlschalter ist ein Bediengerät eingebaut, das die Tasten für die Sender- und Antennen enthält. Über den Tasten sind Zifferanzeigen angeordnet, die für jeden Sender die aufgeschaltete Antenne anzeigen.

Das gleiche Gerät kann über Leitungen, um einige Kilometer vom Antennenwahlschalter abgesetzt, betrieben werden. Dabei hängt die Anzahl der Verbindungsleitungen von der Ausbaustufe des Antennenwahlschalters ab und zwar etwa  $2 \times$  Anzahl der Zeilen + Anzahl der Spalten.

Durch das angewendete Funktionsprinzip ist eine einfache Verdrahtung des Antennenwahlschalters möglich. Die Verbindung der Kassetten Zeilenlogik und Antriebsteil bzw. Spaltenlogik und Antriebsteil sowie zwischen den Antriebsteilen untereinander erfolgt an der Vorderseite der Kassetten durch flexible Steckverbindungen. Dadurch kann eine einfache Erweiterung des Antennenwahlschalters innerhalb des vorgegebenen Rahmens vorgenommen werden, ohne die Verdrahtung ändern zu müssen.

Dieses Verfahren bedingt, daß zur Bildung eines Kreuzungspunktes eine Information über die Zeile und eine weitere über die Spalte erfolgen muß (Abb.10). Durch diese beiden Informationen erfolgt eine eindeutige Markierung des Kreuzungspunktes.

Praktisch wird zuerst die Taste eines Senders und danach die der gewünschten Antenne betätigt. Es erscheint in weniger als in einer Sekunde, die Nummer der gewünschten Antenne, als Leuchtziffer über die Sendertaste und in der Antennentaste, zeigt eine Lampe den Belegzustand dieser Antenne an.

Die Freischaltung eines Senders von einer Antenne erfolgt, indem zuerst die Taste des Senders und dann die Freitaste (100) betätigt wird. Es erscheint dann über der Sendertaste die Anzeige Null Null. Diese Beispiele zeigen, daß die Verbindungen der Sender mit den Antennen nur nacheinander erfolgen können.

Die Anzeige der einzelnen Kreuzungspunkte kann ebenfalls nur durch eine Zeitstaffelung erfolgen. Dabei wird folgendermaßen verfahren:

Aus einem Taktgeber werden nacheinander Impulse in die Zeilen des Antennenwahlschalters und in die Zeilen einer Abbildungsmatrix gesendet, die sich im Bediengerät befindet. Ist ein Kreuzpunkt in einer Zeile gebildet, erfolgt an dieser Stelle eine Umlenkung des Impulses in die entsprechende Spalte.

Alle Spalten der Matrix des Antennenwahlschalters sind mit den Spalten der Abbildungsmatrix verbunden. Durch Koinzidenz zwischen dem gesendeten und dem empfangenen Impuls ist der Kreuzpunkt in der Abbildungsmatrix eindeutig markiert.

Diese Koinzidenzbedingung wird zur Anzeige durch die Ziffernanzeigeröhre in beiden Bediengeräten ausgenutzt.

Zusätzlich zur elektrischen Einstellung der HF-Schalterteile ist noch eine Handbetätigung vorgesehen. Zu diesem Zweck wird das Antriebsteil entfernt und mit Hilfe eines mitgelieferten Hilfswerkzeuges die Umschaltung vorgenommen. Bei Netzausfall am Antennenwahlschalter bleiben alle Schaltzustände erhalten.

Das trifft auch für die Trägersperrung zu, was durch ein magnetisches Haftrelais in der Zeilenlogik erreicht wird. Störungen

am Antennenwahlschalter werden optisch und akustisch gemeldet. Ein eingebautes Lampenfeld gibt über die mögliche Fehlerursache Aufschluß. So werden zum Beispiel alle Sicherungen, die zur Speisung der Zeilen und Spalten dienen, mit Hilfe einer zugeordneten Lampe überwacht.

Für den Antennenwahlschalter gibt es zur Ergänzung der Anlagentechnik ein Fernwirksystem und eine Bedien- und Anschalteinrichtung für Antennenumschalter. Das Fernwirksystem ist für den Anschluß an eine Wechselstromtelegrafie-Einrichtung vorgesehen.

Zur Übertragung der Befehle und Meldungen werden in jeder Richtung 6 Telegrafiekkanäle benötigt. Bei dieser Ausführung kann für jede Antenne ein Antennenumschalter fernbedient werden.

Die Bedienung erfolgt in gleicher Weise wie am Antennenwahlschalter. Es wird zuerst die Sendetaste betätigt und anschließend die Antenne, die zum Beispiel im Frequenzbereich unterteilt oder in der Strahlungsrichtung umschaltbar sein kann. Die Anzeige über den Schaltzustand des Antennenwahlschalters erfolgt über FT-Kanäle, nach dem Prinzip einer zyklischen Adresskodeübertragung. Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt dabei 50 Bd.

Zunächst wird der Antennenwahlschalterzustand in eine Abbildungsmatrix mit Speichereigenschaft übertragen, wobei alle Meldungen in tetradischer Form übertragen wird.

Diese Tetraden werden in der Abbildungsmatrix gespeichert und können über Torschaltungen, die durch Adressen gekennzeichnet sind, gesendet werden.

Durch einen Taktgenerator werden nacheinander die Adressen abgefragt, dabei die zugehörigen Torschaltungen geöffnet und die entsprechende Information gesendet. Das gesendete Impulstelegramm besteht aus dem Wechsel zwischen Adresse und Information. Am Bediengerät wird die serielle Zuordnung von Adresse und Information in eine parallele Zuordnung umgewandelt und damit die Information zu den entsprechenden Anzeigeplätzen geleitet. Bei dieser Gerätevariante ist außerdem die Bedienung der Antennenumschalter am Antennenwahlschalter vorgesehen.

Als ein weiteres Beispiel variabler Anlagentechnik soll die Zusam-

menschaltung von zwei oder mehreren Antennenwahlschaltern erwähnt werden. Indem ein Antennenaustritt eines Antennenwahlschalters mit dem Sendereingang eines zweiten verbunden wird, besteht die Möglichkeit, einen Sender einer Gruppe auf die Antenne einer zweiten Gruppe zu schalten, dabei wird die Trägersperrleitung des zweiten Antennenwahlschalters mit der Blockierungsleitung des Antennenumschalters des ersten Antennenwahlschalters verbunden und somit ist das gesamte Blockierungsproblem gelöst. Verbindet man in gleicher Weise den zweiten Antennenwahlschalter mit dem ersten, so kann ein Austausch von Antennen in beiden Richtungen erfolgen.

Dieses Verfahren läßt sich zum Beispiel auch auf einen dritten Antennenwahlschalter erweitern. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Anzahl der nutzbaren Sender- und Antennenanschlüsse reduziert wird.

Als weiteres Zubehör zum Energietransport zwischen Sender und Antennenwahlschalter bzw. Antennenwahlschalter und Antenne sind außer Kabelverbindungen auch konzentrische Rohrleitungen vorgesehen.

Bei den Leistungsverstärkertypen 5 kW und 20 kW ergeben sich bei der Installation der Energieleitung in Senderräumen dadurch Vorteile.

Während die Kabelverbindungen große Biegeradien erfordern, kann bei den koaxialen Rohrleitungen durch Anwendung von Winkelstücken gute Anpassung an bauliche Gegebenheiten erreicht werden.

Vom VEB Funkwerk Köpenick werden Rohrleitungssysteme für 60 Ohm Wellenwiderstand in den Durchmesserabmessungen 11/30, 17/47 und 22/60 angeboten.

Diese Leitungen sind als Stützelemente-Leitungen ausgeführt. Dadurch ist eine einfache Montage auf der Baustelle möglich, und es können Wärmeausdehnung und Längentoleranzen einfach ausgeglichen werden. Für diese Leitungen ist ein umfangreiches Sortiment an Winkel- und Übergangsstücken vorhanden. Zur Abstrahlung der modulierten HF-Leistung sind für die unterschiedlichen Einsatzfälle bezüglich Strahlungscharakteristik und Reichweite eine Anzahl spezieller Antennen erforderlich. Es soll eine Übersicht über erprobte

Antennenformen angegeben werden, die durch den VEB Funk- und Fernmeldeanlagenbau Berlin installiert werden.

Im Angebot vorhanden ist eine Rhombusantenne, bestehend aus vier abgespannten Stahlrohrmasten als Tragekonstruktion, die die Eckpunkte der rhombusförmigen Grundfläche der Antenne bilden, wobei an dem einen spitzen Winkel des Rhombus die symmetrische Einspeisung erfolgt und am zweiten spitzen Winkel Belastungswiderstände angeschlossen sind.

Der reelle Abschlußwiderstand besteht aus einer Anzahl Siliziumkarbidstäben. Im Nahverkehr bis 3000 km bestehen bei Frequenzen von 6-12 MHz günstige Übertragungsbedingungen. Im Weitverkehr bis 20 000 km finden die höheren Frequenzen Anwendung.

Durch einen fernbedienbaren Antennenumschalter können Einspeisungs- und Abschlußseite vertauscht und damit eine Änderung der Abstrahlrichtung um  $180^{\circ}$  erreicht werden, oder aber zwischen zwei Antennen, die den gesamten Kurzwellenbereich überstreichen und ineinander gebaut angeordnet sind, umgeschaltet werden. Für den gesamten Frequenzbereich werden zwei Antennen angeboten und zwar eine von 4 - 10 MHz und eine von 10 - 28 MHz. Der Eingangswiderstand beträgt 500 Ohm bei einer Fehlanpassung von besser 1,5. Die Polarisation ist horizontal und der Gewinn bezogen auf einen Halbwelldipol 14 - 22 dB je nach Frequenz. Die Antennen sind für 20 kW Leistung vorgesehen. Die wichtigsten Abmessungen für den unteren Frequenzbereich sind:

Höhe	40 m
Breite	164,2 m
Schenkellänge	240 m

und für den oberen Frequenzbereich

Höhe	40 m
Breite	60,4 m
Schenkellänge	100 m

Eine Antenne mit unsymmetrischem Eingangswiderstand 60 Ohm ist die vertikale Reusen-Antenne VRS bzw. VRG. Die Vertikalreuse wird als breitbandige vertikalpolarisierte Rundstrahlantenne im Nahbereich

für Reichweiten von 400 ... 2000 km eingesetzt. Der von 16 Reusendrähten gebildete Doppelkegel wird von einem auf einen Isolator ruhenden Stahlrohrmast getragen. Die Reusendrähte werden einzeln abgespannt.

Das 16strahlige Erdnetz hat einen Radius von 22 bzw. 36 m. Die Antenne ist bis 30 kW Leistung verwendbar. Die Abmessungen betragen für den Typ VRS, der für den Frequenzbereich 3,5 ... 30 MHz vorgesehen ist, in der

	Höhe	22 m
und im	Durchmesser	12,5 m
und beim Typ VRG mit dem Frequenzbereich 2 ... 30 MHz in der		
	Höhe	36 m
und im	Durchmesser	21 m

Eine spezielle, für den Wahlbereich entwickelte Antenne ist der Breitband-Dipol SHB bzw. SHG. Diese Antenne wird besonders bis 500 km für stationäre Sendeanlagen verwendet.

Während das horizontale Strahlungsdiagramm annähernd kreisförmig ist, erfolgt vertikal Steilstrahlung bei den Frequenzen unter 10 MHz.

Die Antenne stellt einen symmetrischen, als dreidrähtige Flächenreuse ausgebildeten Dipol dar, der in 11 m Höhe zwischen zwei Masten ausgespannt ist. Die große Bandbreite von 3 ... 50 MHz bei der SHB-Antenne und 1,5 ... 30 MHz bei der SHG-Antenne wird durch Dämpfungsglieder (Widerstand und Spule) an den Enden des Dipols erreicht.

Die Einspeisung 60 Ohm koaxial erfolgt über einen Symmetriertransformator, der sich in der Antenne befindet. Die Leistung beträgt 5 kW, die Polarisation ist horizontal.

Die V-Antenne V24/80 hat ähnliche Eigenschaften wie die Rhombus-Antenne. Sie wird bei Frequenzen von 4 ... 12 MHz im Nahverkehr bis 3000 km und bei Frequenzen bis 28 MHz im Weitverkehr bis 20 000 km Entfernung eingesetzt. Die Antenne besteht für 20 kW aus zwei 80 m langen dreidrähtigen Schenkeln, die mit einem Öffnungswinkel von  $40^\circ$  zwischen drei Masten in einer Höhe von 24 m ausgespannt sind. An beiden Schenkelenden sind Schluckwiderstände an-

geschlossen. Der Eingangswiderstand beträgt 500 Ohm symmetrisch. Die Polarisation ist horizontal. Eine leichte mobile Ausführung ist für eine Belastbarkeit von 1 kW ausgelegt. Die zwei-dräftigen 60 m langen Schenkel werden zwischen drei 15 m hohen, aus mehreren Schüssen zusammensteckbaren transportablen Masten ausgespannt.

Der Frequenzbereich beträgt 12 ... 26 MHz bei einer Fehlanpassung von 1,5.

Zur Anpassung von symmetrischen Antennen an den unsymmetrischen 60-Ohm-Ausgang des Senders werden Symmetrier- und Transformationseinrichtungen benötigt. Diese sind für die Leistungen 1 kW, 5 kW und 20 kW vorhanden und werden ebenfalls im VEB Funkwerk Kpenick hergestellt. Die Ausführung für 1 kW besteht aus einem Ferritübertrager, der den gesamten Frequenzbereich von 1,5 ... 30 MHz überstreicht. Dieser Übertrager wird zum Beispiel in einer Sonderausführung direkt in die SHB- bzw. SHG-Antenne eingebaut.

Der 5-kW-Übertrager besteht aus einem eisenlosen Übertrager, der einen symmetrischen Widerstand von 500 Ohm in den unsymmetrischen von 60 Ohm transformiert. Der Übertrager wird für 3 Frequenzbereiche geliefert, und zwar 2,5 ... 7,5 MHz, 4 ... 12 MHz und 12 ... 26 MHz. Dieser Übertrager kann im Freien montiert werden.

Für 20-kW-Sender steht eine Symmetrie- und Transformationsleitung zur Verfügung, die im Frequenzbereich 3 ... 30 MHz von 500 Ohm symmetrisch auf 60 Ohm symmetrisch transformiert. Diese Leitung besteht aus einer stark verkürzten Exponentialleitung, die als abgewinkelte Zweiband-Blechleitung ausgeführt ist und die eine BMI-Schleife zur Symmetrierung besitzt.

Zur Kompensation sind am hochohmigen Ende der Exponentialleitung Kondensatoren in Reihe geschaltet. Außerdem wird die EMI-Schleife zur Kompensation herangezogen.

Abschließend soll noch auf künstliche Antennen verwiesen werden. Diese dienen als Belastungswiderstände während des Prüfbetriebes an Sendern. Es wird eine luftgekühlte Ausführung bis 1 kW und eine wassergekühlte Ausführung bis 20 kW angeboten.

Der Frequenzbereich reicht von 200 MHz mit einer Fehlanpassung von  $< 1,05$ .