

Sonderdruck Nr. 63/8 aus

# ROHDE & SCHWARZ-MITTEILUNGEN

Nr. 17/Mai 1963, Seite 87-91

---

## **Die Übertragung von Drehbewegungen über große Entfernungen am Beispiel der Fernsteuerung von kommerziellen Empfangsanlagen**

VON J. HACKS UND B. SCHUMACHER

# Die Übertragung von Drehbewegungen über große Entfernungen am Beispiel der Fernsteuerung von kommerziellen Empfangsanlagen

VON J. HACKS UND B. SCHUMACHER

DK 621.398:621.396.62

**Inhaltsübersicht:** Es wird eine Einrichtung beschrieben, mit der ein moderner Verkehrsempfänger zusammen mit Demodulationsgeräten über einen einzelnen Fernsprechkanal, z. B. eine Zweidrahtverbindung, über Entfernungen bis zu mehreren hundert Kilometern so fernbedient werden kann, daß alle Bedienungselemente mit erfaßt werden und für den Benutzer praktisch kein Unterschied besteht, ob er den Empfänger selbst oder den Empfänger über die Fernsteuereinrichtung betätigt. Das Kernstück der Anlage sind zwei rasch rotierende „elektrische Wellen“ hoher Genauigkeit, mit denen die Frequenzskala des Empfängers in der einen Richtung gesteuert, während in der Rückrichtung ihr Stand zurückgemeldet wird.

**Summary:** The system described permits a modern communications receiver with demodulation equipment to be remote-controlled over distances up to several hundreds of kilometres via a single telephone channel, e. g. a two-wire line. All controls of the receiver are provided also on the remote control unit so that the operator does not find any difference between operating the receiver locally or via the remote-control system. The heart of the system are two rapidly rotating synchro systems of high accuracy, providing in the one direction for controlling the frequency dial of the receiver and in the other direction for indicating its setting.

**Résumé:** Le dispositif décrit permet la télécommande d'un récepteur de trafic moderne et des appareils de démodulation associés, par l'intermédiaire d'une voie téléphonique unique, par exemple une ligne à deux fils, à une distance de plusieurs centaines de kilomètres. Tous les organes de commande du récepteur sont prévus également sur l'appareil de télécommande; ainsi il ne fait pas de différence pour l'opérateur s'il fait les réglages sur le récepteur même ou par l'intermédiaire de la télécommande. Le coeur du dispositif sont deux synchros de haute précision, tournant à grande vitesse, servant dans l'une direction à commander l'échelle de fréquence du récepteur et dans l'autre direction à indiquer la position de cette échelle.

Es besteht an sich seit langem der Wunsch, kommerzielle Empfangsanlagen auch über größere Entfernungen fernzusteuern. Wesentliche Beweggründe sind:

1. Für einen Funkbetrieb zusammengehörige Sender und Empfänger sollen von einer Betriebszentrale aus gemeinsam bedient werden. Wegen der Übersteuerungsgefahr von Empfängern ist die Sendestelle von der Empfangsstelle abgesetzt. Die Empfangsstelle wird sich im allgemeinen in wenig bewohntem, störfreiem Gelände befinden. Hauptsächlich personelle Gründe machen es wünschenswert, die Betriebszentrale in einer Stadt oder in der Nähe einer Stadt unterzubringen.
2. Für reine Empfangsstellen gilt ebenfalls, daß für sie ein besonders günstiges Gelände, z. B. in Moorlandschaften oder an der Meeresküste, verwendet wird, während das Funkpersonal in der entfernten Großstadt arbeiten sollte.
3. Unter allen Wetterbedingungen soll einwandfreier Empfang möglich sein. Gelegentlich verursacht Wolkenbruch oder starker Hagel zusätzliche Störgeräusche in der Empfangsanlage; eine Umschaltung auf einen entfernten Empfangsort mit fernbedientem Empfänger verbessert die Bedingungen.

In früheren Jahren haben Fernsteuereinrichtungen für Empfänger keine große praktische Bedeutung erlangt, da der Aufwand für solche Geräte erheblich war. Die Verwendung von Transistoren und anderen kleinen Bauelementen und die Entwicklung einer moderneren Schaltungstechnik gestattet es jetzt, kleinere Anlagen zu bauen. In der **Abb. 1** ist eine komplette Fernsteuereinrichtung gezeigt, die zum Betrieb des Verkehrsempfängers EK 07 dient. Dabei sind alle Einstellmöglichkeiten am Empfänger in die Fernsteuerung einbezogen. Der auf der Geberseite arbeitende Funker hat den Eindruck, praktisch den Empfänger selbst zu bedienen.

Bei dieser Anlage können auch große Entfernungen von einigen hundert Kilometern zwischen Geberort und Empfangsort liegen, wobei für die Fernsteuerung eine 2-Draht-Verbindung eines Fernsprechkanales der üblichen CCIF-Bandbreite 300—3400 Hz genügt. Über das Frequenzschema wird weiter unten berichtet. Diese Eigenschaft ist für die Planung von Fernsteueranlagen von erheblicher Bedeutung, da die eigentlichen Kosten einer solchen Anlage durch die Verbindungen zwischen Geber und Empfänger bestimmt sind. Wollte man die Fernsteuerung über Gleichstromleitungen durchführen und dabei sämtliche Funktionen am Empfänger fernbedienen,

so wäre eine große Aderzahl und damit ein hoher Kabelpreis gegeben. Die erzielbare Entfernung ist auch begrenzt, wenn mit nicht zu großen Kabelquerschnitten gearbeitet werden soll. In jedem Falle müßte ein solches Kabel auch erst verlegt werden, während bei der Verwendung eines üblichen Fernsprechkanales jede bereits installierte Nachrichtenverbindung sowohl über Funk als auch über Draht verwendet werden kann.

## Betriebssicherheit

Von großer Bedeutung für die Brauchbarkeit einer Fernsteuereinrichtung für Empfänger ist die Möglichkeit, den einwandfreien Betrieb der Anlage jederzeit überwachen zu können. Hier ist ein Vergleich mit der Fernsteuerung von Sendern naheliegend. Während beim Sender der Nachrichtenfluß sowohl der Steuerbefehle als auch der auszusendenden Nachricht in einer Richtung läuft und somit jede Rückmeldung eines ausgeführten Fernsteuerbefehls über ein eigenes System geschehen muß, wird beim Empfänger wesentliche Information über das Arbeiten der Anlage über die vom Empfänger aus der Antenne aufgenommene Nachricht gemeldet. Zweifellos bedingt dies einen Vorteil und eine gewisse Minderung des Aufwandes. Ein Nachteil beim Empfänger ist jedoch bei den meisten Funkbetrieben, daß die Frequenz stufenlos im ganzen Bereich verändert werden muß, d. h., daß die meist mechanisch hochwertige und präzise Frequenzskala kontinuierlich durchstimmbare zum Empfängerort übertragen werden muß. Bei der Sendersteuerung genügt im allgemeinen die Übertragung von Schalterstufen bzw. von Drehbewegungen, an die keine allzu hohen Anforderungen an Präzision gestellt werden müssen.

Auf jeden Fall ist es unerlässlich, daß die genaue Position der Frequenz in jedem Augenblick rückgemeldet wird, da ja die Frequenzeinstellung des Empfängers, vor allem bei den modernen hochkonstanten und trotzdem durchstimmbaren Empfängern, die wichtigste Information darstellt, und Fehler in der Funktion nicht sofort bemerkbar würden.

Es ist nicht erforderlich, sämtliche Bedienungsmöglichkeiten am Empfänger gleichzeitig ausführen zu können, vor allem wenn die Befehle innerhalb von Sekundenbruchteilen übertragen werden. Es ist jedoch z. B. zweckmäßig, den Wellenbereichsschalter gleichzeitig mit der Frequenzabstimmung der Skala verändern zu können, da dies einen Gewinn an Bedienungsgeschwindigkeit bedeutet. Für die Betriebssicherheit ist das Verhalten der Anlage bei Netzausfall oder bei

Leitungsunterbrechungen von Bedeutung. Es muß gewährleistet sein, daß nach kurzzeitigen Störungen der ursprüngliche Betriebszustand erhalten bleibt und daß nach beliebig andauernden Ausfällen oder beim Neueinrichten einer Fernsteuerungsverbindung der Gleichlauf zwischen Geber und Empfänger sofort kontrolliert werden kann.

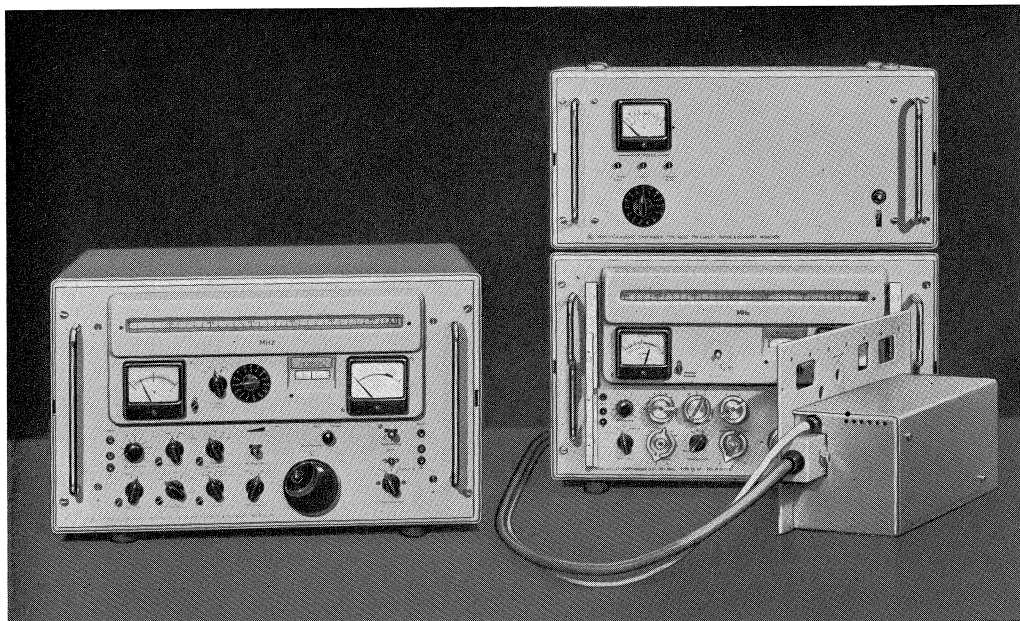
### Wirkungsweise der Anlage

#### a) Schalter

Nach dem Stand der Schalterfernsteuerungen macht die Entwicklung eines Systems für Schalterfernsteuerungen keine Schwierigkeit. Wird insbesondere eine Impulsgruppentechnik angewendet in der Art, wie sie beim Fernsprechen selbst benutzt wird, so ist eine sehr betriebssichere Übertragung möglich. Die **Abb. 2** zeigt ein Blockschaltbild, in dem dargestellt ist, wie auf der Geberseite eine Impulsgruppe jeweils festgelegter Impulszahl in die Position eines elektronischen Zählers auf der Empfängerseite umgewandelt wird, um dort einen kleinen Induktionsmotor zu schalten, der dann den Schalter in die gewünschte Stellung einlaufen läßt. Wird der Zustand der

c) Die Übertragung von Drehbewegungen mit hoher Genauigkeit und bei größerer Drehgeschwindigkeit — „Elektrische Welle“

Der in der hier beschriebenen Anlage ferngesteuerte Empfänger EK 07 besitzt Frequenzbereiche von 3 MHz Breite mit einer Skala, die durch einen kombinierten Grob- und Feintrieb angetrieben wird. Der Empfänger besitzt eine streng lineare Frequenzabhängigkeit, so daß es möglich ist, die Skala ebenfalls nach Grob- und Feinskala aufzuteilen. Das bedeutet, daß jeder Umdrehung der Feinskala ein Vorschub der Frequenz um 100 kHz entspricht, während gleichzeitig die Grobskala um  $\frac{1}{30}$  ihrer Gesamtlänge weiter läuft. 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 der Feinskala eine Drehgeschwindigkeit von 9,6 Umdrehungen pro Sekunde. Soll außerdem die Frequenzzeichnung, d. h. die Treffsicherheit des Empfängers, durch die Fern-



9843

Abb. 1

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

Remote control system for Short-Wave Receiver Type EK 07. Left: The remote control unit. Right: The normally far away receiver. The motor unit is swung out from the front panel. The automatically locking couplings, which may serve as operating controls, are visible

Dispositif de télécommande pour le récepteur ondes courtes type EK 07. A gauche: l'appareil de télécommande; à droite: le récepteur — disposé normalement à grande distance. Le groupe moteur est tourné hors du panneau avant. Les couplages automatiques, qui peuvent servir de boutons de commande, sont visibles

Leitung allgemein überwacht, so kommen bei diesen einfachen Formen der Fernsteuerung praktisch keine Funktionsfehler vor.

#### b) Einfache Drehbewegungen

Die nächstkompliziertere Form der Fernsteuerung wird bei der Betätigung von Drehbewegungen geringer Genauigkeit, z. B. für Lautstärkereglern oder andere Potentiometer, angewendet. Hier kann die Frequenzverschiebung eines Tonfrequenzsignals auf der Geberseite in einer passiven Frequenz-Diskriminatorschaltung auf der Empfängerseite aufgenommen werden, um über einen Reglermotor die Stellung des Potentiometers beim Empfänger zu steuern, **Abb. 3**. Auch hier ergeben sich keine wesentlichen schaltungstechnischen Probleme.

steuerung praktisch nicht beeinflußt werden, soll also die Treffsicherheit um nicht mehr als etwa 100 Hz verschlechtert werden, so ist nur eine Unsicherheit von einem Winkelgrad innerhalb einer Umdrehung der Antriebsachse der Feinskala zugelassen. Aus den genannten Werten ergibt sich eine hohe geforderte Präzision für die kontinuierliche Übertragung der Drehbewegung bei gleichzeitiger hoher Geschwindigkeit. Es liegt nahe, zu prüfen, ob die Aufgabe mit einer digitalen Methode, also allein durch die Übertragung von Ja-Nein-Schritten zu lösen ist. Ein solches Verfahren hätte den Vorteil, daß auf dem Übertragungsweg eines der eingeführten Telegrafiesysteme verwendet werden könnte. So wäre z. B. daran zu denken, jede Winkelstellung der Achse mit Hilfe einer optisch abgetasteten Codierscheibe in eine charakteristische Impulsgruppe umzuwandeln. Es sind auch rein elektronische Verfahren bekannt, bei denen der Phasenwinkel

einer NF-Spannung mit Zähler-schaltungen in eine digitale Information umgewandelt wird. In einer ausgeführten VHF-Peilanlage war es z. B. auf diese Weise möglich, den Peilwinkel mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,2$  Grad mit einem 200-Baud-Telegrafiekana1 über größere Entfernungen zu

Es zeigt sich, daß die analoge Übertragung der Winkelkoordinaten auf besonders einfache Weise die Möglichkeit gibt, während der raschen Drehung mit größerem Schlupf zu arbeiten, was bedeutet, daß die Anforderungen an die Übertragungsgenauigkeit bei der großen Geschwindigkeit

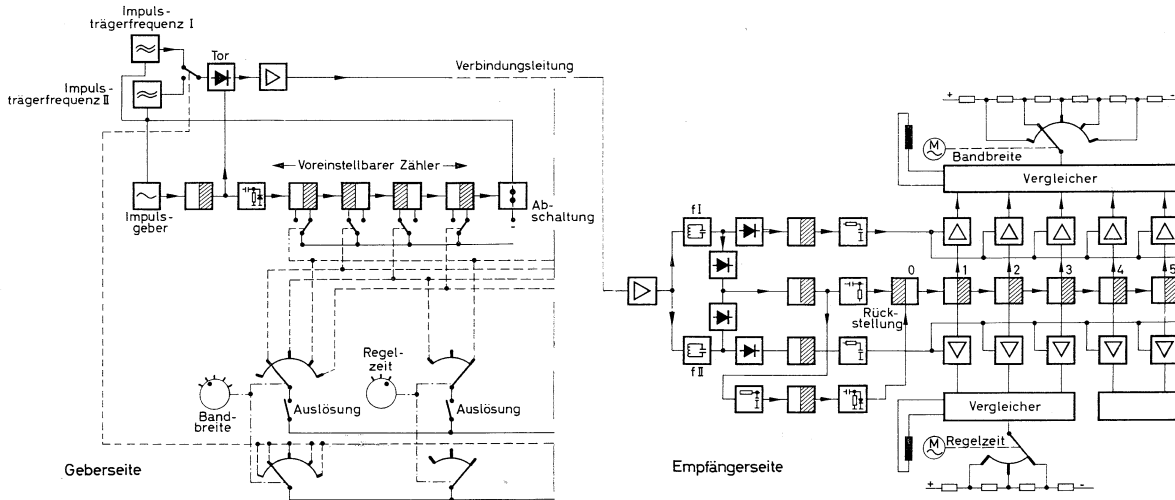


Abb. 2

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 Antriebsmotore

Diagramme d'ensemble de la transmission à grande distance des positions de commutation. A gauche: un nombre donné d'impulsions, dépendant de la position de commutation, est déclenché par un compteur prééglable; à droite: comptage des impulsions arrivantes et dépouillement à l'égard des moteurs individuels

übertragen. Dabei gelingt es, bis zu sieben Meßwerte in der Sekunde zu übermitteln, wobei es sich um jeden Meßwert innerhalb des Bereichs zwischen 0 und 360 Grad handeln kann.

Übertrüge man diese Werte auf die hier vorliegende Aufgabe, so bedeutete das die Notwendigkeit, bei der verlangten Genauigkeit von einem Grad  $360 \cdot 9,6 = 3456$  Codezeichen in der Sekunde übertragen zu müssen, was natürlich außerhalb jeder Realisierungsmöglichkeit liegt. Selbst wenn ein der

gering ist, während nur beim langsamen Einlauf der Sollwert erreicht wird.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß ein Verfahren, das ähnliche Prinzipien benutzt, auch digital verwirklicht werden kann. Den Verfassern ist eine brauchbare Lösung bisher nicht bekannt. Es soll noch erwähnt werden, daß die analoge Übertragung den charakteristischen Leitungsstörungen — ganz kurzzeitige Unterbrechungen und impulsartige Störungen von kurzer Dauer — besser angepaßt ist. Es handelt sich immer um kontinuierliche Steuervorgänge, deren kurzzeitige Unterbrechung keinen wesentlichen Informationsverlust bedeutet.

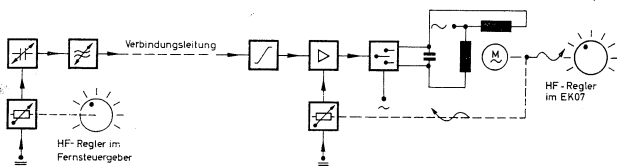


Abb. 3

Blockschaltbild für die Fernübertragung von einfachen Drehbewegungen (Potentiometereinstellung). Mit dem Drehen des Einstellknopfes auf der Geberseite verschiebt sich eine Trägerfrequenz. Die Veränderung der Frequenz bewirkt nach Demodulation auf der Empfängerseite eine Spannungsänderung, auf die der Antriebsmotor anspricht, bis in einer Brückenschaltung wieder Abgleich erreicht ist

Block diagram for long-distance transmission of simple rotary movements (potentiometer setting). When the knob is rotated on the remote control unit, a carrier frequency is shifted. The frequency variation, after demodulation at the receiving location, effects a voltage change actuating the motor until balance is reestablished in a bridge circuit

Diagramme d'ensemble de la transmission à grande distance d'une rotation simple (réglage d'un potentiomètre). Quand le bouton est tourné sur l'appareil de télécommande, une fréquence porteuse change. La variation de fréquence, après démodulation sur le lieu du récepteur, effectue une variation de tension qui actionne le moteur jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli dans un montage en pont

Elektrische Wellen mit Analogwertübertragung sind technisch mit Hilfe von Drei-Phasen-Drehmeldern realisiert worden. Ein Ausführungsbeispiel ist in [1] beschrieben. Für große Entfernungen und für die Verwendung einer einzigen Zwei-Draht-Verbindung kommt das dort geschilderte Prinzip jedoch nicht in Frage.

Hier wurde ein Übertragungssystem der Winkelstellung gewählt, bei dem zwei Drehmelder des Typs Funktionsgeber bzw. Funktionsempfänger verwendet wurden (in der Bauart, wie sie unseres Wissens durch die 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. Kosinus des Rotorwinkels entsprechen. Es wird 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 nahelegend, dafür Frequenzmodulation zu wählen, um von Pegelschwankungen so weit als möglich unabhängig zu sein. Nach der Übertragung über den Fernsprechkana1 werden die beiden Träger in Frequenzdemodulatoren demoduliert und die X- und Y-Information steht zur Verfügung, um in einem Funktionsempfänger aufgenommen zu werden. Dieses zweite

vorliegenden Aufgabe besser angepaßtes digitales Verfahren angewendet würde, bei dem etwa nur die Änderung einer Winkelstellung codiert würde, wäre man bei den heute bekannten Möglichkeiten weit vom Bereiche der hier geforderten Geschwindigkeiten entfernt.

System, der Funktionsempfänger, ist wie der Funktionsgeber aufgebaut, wird jedoch in der umgekehrten Richtung verwendet. Die demodulierten Spannungen werden diesmal in die Statorwicklung eingespeist, und die von der Winkelstellung des Rotors abhängige Ausgangsspannung am Rotor wird 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, mit Steuer- und Erregerwicklung in einem Regelkreis, wobei die Steuerspannung von der verstärkten Ausgangsspannung des Rotors im Steuerempfänger herrührt. 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 nahelegend, dazu die Netzenergie unmittelbar zu benutzen. Das erfordert jedoch, daß die Netzfrequenz, die in die Erreger-

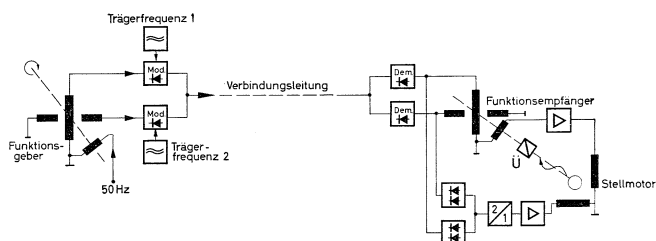


Abb. 4

Blockschaltbild einer elektrischen Welle mit Funktionsgeber und Funktionsempfänger. Die Frequenz der Erregerspannung des Stellmotors wird aus den übertragenen Winkelkoordinaten gewonnen

Block diagram of a synchro system with resolver transmitter and resolver transformer. The frequency of the exciting voltage of the servo-motor is obtained from the transmitted angular coordinates

Diagramme d'ensemble d'un synchro à synchro-émetteur et synchro-détecteur. La fréquence de la tension d'excitation du servo-moteur est obtenue des coordonnées angulaires transmises

wicklung eingespeist wird, mit der Frequenz der übertragenen X- und Y-Koordinate auf der Leitung identisch ist. Da Geberort und Empfängerort unter Umständen mehrere hundert Kilometer entfernt voneinander liegen, und da außerdem damit gerechnet werden muß, daß die Empfänger aus Notstromaggregaten oder anderen Hilfsnetzen versorgt werden, ist die erforderliche Frequenzidentität nicht gewährleistet. Es gibt daher prinzipiell die Möglichkeit, die Netzfrequenz der Empfängerseite z. B. dadurch auf die Geberseite zu übertragen, daß sie einem Hilsträger aufmoduliert 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 betrieben werden muß, was eine überflüssige Belastung des Frequenzplanes der Leitung bedeutet, wie noch weiter unten ausgeführt werden wird. Es ist nun aber möglich, die gewünschte Netzfrequenz aus den übertragenen Winkelkoordinaten der elektrischen Welle in der Rückrichtung ohne weiteren Hilsträger 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 Quadrierschaltung zugeführt und werden die Ausgangsspannungen dieser Schaltungen dann addiert, so ergibt sich eine Ausgangsschwingungsform der doppelten Netzfrequenz, so daß nach Frequenzteilung 1:2 und Verstärkung die Erregerspannung gewonnen werden kann (Abb. 4).

$$U_x = U_0 \sin \omega_n t \cdot \sin \varphi$$

$$\text{und } U_y = U_0 \sin \omega_n t \cdot \cos \varphi$$

wobei  $U_x$  und  $U_y$  die beiden Funktionsgeberausgangsspannungen,  $U_0$  im wesentlichen eine Proportionalitätskonstante,  $\omega_n$  die Netzfrequenz und  $\varphi$  der Rotorwinkel sind. Es ergibt sich unmittelbar nach Quadrierung

$$U_x^2 + U_y^2 = U_0^2 \sin^2 \omega_n t = U_0^2 \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2 \omega_n t \right)$$

unabhängig von  $\varphi$ .

### Frequenzschema

Es werden noch die wichtigsten vorkommenden Leitungsanordnungen mit dem zugehörigen Frequenzschema angeführt, um eine Vorstellung vom erforderlichen Aufwand und den Betriebsmöglichkeiten zu geben.

#### A. 2-Draht-Verbindung 300 Hz bis 3400 Hz:

Die erforderlichen Gabelübertrager sind Bestandteile der Geräte. In der Rückwärtsrichtung liegt der Nachrichteninhalte zwischen 0,3 und 2,6 kHz; die elektrische Welle, die für die Rückmeldung des Frequenzskalenstandes verwendet wird, wird auf zwei Trägerfrequenzen im Bereich darüber übertragen. Die Abb. 5 zeigt das Frequenzschema, insbesondere auch für die Richtung zum Empfänger. Es sind nur die Frequenzen der elektrischen Welle ständig eingeschaltet, während die Schalter- und Reglerbetätigung erforderlichen Frequenzen erst während der Bedienung auf die Leitung geschaltet werden.

#### B. 4-Draht-Verbindung:

Es besteht prinzipiell kein Unterschied zu A, es fallen nur die Gabelübertrager und Leitungsnachbildungen fort.

#### C. Verbindungsleitungen mit kleinerem Übertragungsbereich:

Häufig sind Fernsprechleitungen mit geringerem Frequenzbereich bereits verlegt. Auch solche Leitungen können für die Fernsteuerung verwendet werden. Es ist jedoch dann von Vorteil, eine eigene Leitung für die Rückübertragung des Nachrichteninhalts zu verwenden, um keine Einbuße an Übertragungsqualität zu erhalten. Es ist dann auch möglich, neben den eigentlichen Bedienungsvorgängen Meßwerte am

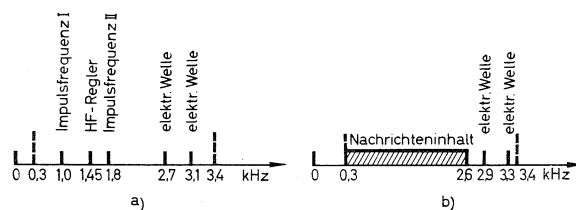


Abb. 5

Frequenzschema der Fernsteueranlage für die Hin- und Rückrichtung bei Verwendung einer Leitung mit 3400 Hz Grenzfrequenz. a) Richtung zum Empfänger, b) Richtung zum Fernsteuergeber

Frequency schedule of the remote control system for both directions, using a line of 3400 cps cut-off frequency. (a) Direction towards the receiver; (b) direction towards the remote control unit

Schéma des fréquences du dispositif de télécommande pour les deux directions, la fréquence de coupure de la ligne utilisée étant de 3400 Hz. (a) Direction vers le récepteur; (b) direction vers l'appareil de télécommande

Empfänger, z. B. die Eingangsspannungsanzeige, zu übertragen. Das jetzt gültige Frequenzschema zeigt die Abb. 6.

#### D. Zwei Leitungspaare mit geringerem Frequenzbereich:

Wenn Leitungen nach C verwendet werden, so ist auch meist die zweite Leitung in der Richtung zum Empfänger vorhanden. Diese Leitung kann z. B. zur Antennenwahl bei größeren Empfangsstationen benutzt werden.

### Die Fernsteuerung von zusätzlichen Einrichtungen

In modernen Empfangsanlagen sind oft auch Telegrafie-Demodulations- und Tastgeräte vorhanden. Bei diesen Tastgeräten ist meist eine größere Zahl von Bedienungsknöpfen

erforderlich, vor allem, wenn es sich um universelle Tastgeräte für verschiedene Betriebsarten handelt (Beispiel: Telegrafie-Demodulator NZ 07) [2].

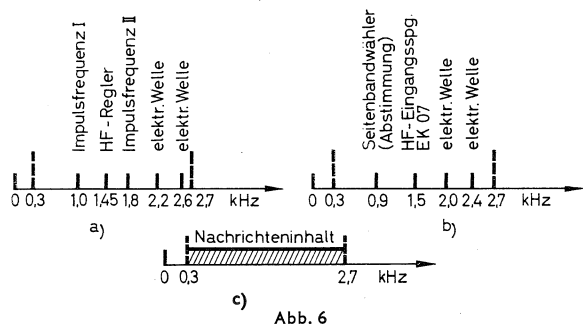


Abb. 6

Das der Abb. 5 entsprechende Frequenzschema bei Verwendung von Leitungen älteren Typs mit einer Grenzfrequenz von 2700 Hz. a) Richtung zum Empfänger; b) Richtung zum Fernsteuergeber. Dabei ist auch die Übertragung der HF-Spannungsanzeige und der Abstimmanzeige eines Seitenbandwählers möglich; c) Richtung zum Fernsteuergeber. Übertragung des Nachrichteninhaltes

Frequency schedule similar to that of Fig. 5 for the use of lines of earlier type having a cut-off frequency of 2700 cps. (a) Direction towards the receiver; (b) direction towards the remote control unit; transmission of the RF voltage indication and of the tuning indication of a sideband selector is here possible; (c) direction towards the remote control unit; transmission of the information content

Schéma des fréquences analogue à celui de la figure 5, pour une ligne de type ancien à la fréquence de coupure de 2700 Hz. (a) Direction vers le récepteur; (b) direction vers l'appareil de télécommande; la transmission de l'indication de tension HF et de l'indication d'accord d'un sélecteur de bande latérale est également possible; (c) direction vers l'appareil de télécommande; transmission d'information

Die Benutzung des Demodulators in einer Anlage mit ferngesteuertem Empfänger ist jedoch einfach, wenn die Telegrafie-Demodulationseinrichtung auf der Geberseite, also am Bedienungsort, verwendet wird. Die Telegrafiesignale werden dann im entfernten Empfänger in die Niederfrequenzlage umgesetzt, um im Telegrafie-Demodulator wieder in die ursprüngliche Zwischenfrequenzlage heraufgemischt zu werden. Die Bedienung der Einrichtung bleibt damit vollständig erhalten, und es ist möglich, die komplette Telegrafieempfangsanlage mit einer einzigen Leitung nach A zu betreiben.

Bei der Fernsteuerung von Einseitenbanddemodulatoren ist die Verwendung des Gerätes am Geberort nicht ohne weiteres möglich. Hier muß die Seitenbandtrennung auf der Empfängerseite geschehen, und es ist auch erforderlich, ein Kriterium für die genaue Abstimmung des Gerätes, die auf einem Braunschen Rohr kontrolliert wird, auf der Geberseite zu haben. Aus diesem Grunde wird dazu ein Leitungsschema nach C verwendet.

### Konstruktive Merkmale

Ein Fortschritt gegenüber früheren Anlagen zur Empfängerfernsteuerung besteht im geringeren apparativen und konstruktiven Aufwand. Die hier beschriebene Einrichtung nach Abb. 1 enthält neben dem Fernsteuergeber, der die Gestalt des Empfängers besitzt, und einem elektronischen Empfangsteil auf der Empfängerseite nur einen Frontplattenaufsatz mit Antriebsmotoren, der scharnierartig vor die Frontplatte des eigentlichen Empfängers geklappt werden kann. Durch eine geeignete Gestaltung der Kupplungen zwischen den Antriebsmotoren und den eigentlichen Bedienungselementen ist erreicht, daß sie beim Bewegen des Frontplattenaufsatzes automatisch ein- und ausrasten. Nach dem Abklappen des Aufsatzes (siehe Abb. 1) kann der Empfänger in der üblichen Weise von Hand bedient werden. Abgesehen vom Austausch der Bedienungsknöpfe am Empfänger durch Kupplungselemente und vom Befestigen des Antriebsteiles an der Frontplatte sind keine Änderungen am Empfänger gegenüber der nicht fernbedienten Bauart erforderlich.

### Betriebserfahrungen

Durch die freundliche Unterstützung der Bundespost war es möglich, die Fernsteueranlage unter verschiedenen Bedingungen zu prüfen. Dabei wurden sowohl Leitungstests durchgeführt als auch solche, bei denen Erfahrungen gesammelt werden sollten, inwieweit die Bedienung der Empfänger durch die Fernsteuerung beeinträchtigt wird.

Bei den Erprobungen der Leitungstypen ergab sich in keinem Falle, daß bei ausreichendem Frequenzbereich eine Leitungstypen nicht geeignet gewesen wäre. Dabei sind insbesondere auch längere Schleifen von hintereinandergeschalteten Leitungstrecken verwendet worden, wobei teilweise Drahtverbindungen, teilweise Trägerfrequenzeinrichtungen und teilweise Funkstrecken in Betrieb waren. Die maximale Länge der dabei geschalteten Strecken reichte bis zu 2000 km. Eine Beeinträchtigung der Bedienung, insbesondere der Frequenzeinstellung, ist praktisch nicht festzustellen. Insbesondere ergab sich auch, daß die Laufzeitunterschiede für die verhältnismäßig eng benachbarten Trägerfrequenzen der elektrischen Welle leicht mit einem Phasenschieber ausgeglichen werden konnten und daß auch bei längerem Betrieb keine Nachstellungen des Phasengleiches erforderlich waren.

Das Betriebspersonal einer größeren Übersee-Empfangsstelle hat während einiger Wochen eine Erprobung der Anlage im üblichen Funkdienst durchgeführt, und es zeigte sich, daß die Funke, die den Betrieb des Empfängers selbst gewohnt waren, praktisch keinen Unterschied bei der Fernbedienung feststellen konnten.

Eine weitere Betriebserprobung hat inzwischen in einer größeren Amateurfunkstation I 1 RIF im Zentrum von Mailand stattgefunden. Die Station besitzt eine Außenstelle in der Nähe des Comer Sees. In dieser Außenstelle sind die Empfangsbedingungen außerordentlich günstig, da Industrieförungen dort praktisch fehlen. Es ist außerdem ein drehbarer Antennenmast mit insgesamt 50 Dipol-Elementen vorhanden, der insbesondere in den Amateurbändern Richtempfang ermöglicht und dessen Abmessungen eine Aufstellung in der Stadtmitte verhindern.

Über einen Kanal einer Funkstrecke im 70-cm-Bereich wurde der Empfänger EK 07 in der Außenstelle betrieben. Ein Fernsteuerbefehl war für den Rechts- und Linkslauf des Antriebsmotors am Antennenmast vorgesehen. Da gleichzeitig ein Kontrollempfang mit einem Empfänger gleichen Typs in der Mailänder Zentralstation durchgeführt werden konnte, waren Vergleichsmöglichkeiten im praktischen Betrieb gegeben. In mehreren Empfangssituationen, in denen in der Mailänder Station direkt wegen der starken Empfangsstörungen keine Aufnahme der Gegenstationen möglich war, konnte vom ferngesteuerten Empfänger her brauchbarer Empfang über die Funkstrecke übertragen werden. Das war nicht nur bei Stationen im Kurzwellenbereich, sondern auch bei Rundfunkmittelwellen der Fall.

Auch hier hat der Fernsteuerbetrieb über die Richtfunkstrecke keine Beeinträchtigung der Genauigkeit der Frequenzeinstellung verursacht. Die Versuche haben die Annahme bestätigt, daß es vor allem für den KW-Empfang in Großstädten außerordentlich vorteilhaft sein kann, einen ferngesteuerten Empfänger zusammen mit einer drehbaren Empfangsantenne zu besitzen, die z. B. 40 oder 50 km von der Stadt entfernt aufgestellt ist. Wählt man für die drehbare Antenne eine breitbandige Ausführung vom logarithmisch-periodischen Typ, z. B. die R&S-Richtstrahlantenne HA 226/101, so benötigt eine ferngesteuerte Empfangsstelle nur wenig Bodenfläche.

### LITERATUR:

- [1] K. Fischer, F. Laubach, R. Zimmermann, Fernbedienung von Empfängern. Telefunken-Zeitung, Jg. 34, September 1961, Heft 133, S. 240—248.
- [2] J. Hacks und K. Grabe, Funktelegrafieempfang in Anlagen mittlerer Größe R&S-Mitteilungen, Heft 11, 1958, S. 206—214.