Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 50 (1959)

Heft: 9

Artikel: Fernsteuerung von Kraftwerken und Unterstationen

Autor: Hahn, Ch.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1059449

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

GEMEINSAMES PUBLIKATIONSORGAN DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS (SEV) UND DES VERBANDES SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE (VSE)

Fernsteuerung von Kraftwerken und Unterstationen

Gekürzter Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 20. November 1958 in Zürich,

von *Ch. Hahn*, Baden

621.398 : 621.311 + 621.311.4-519

Die Übermittlung von Fernsteuersignalen kann je nach Entfernung und Art der Anlage mit Tonfrequenzgeräten über Kabel, mit Trägerfrequenzeinrichtungen über Hochspannungsleitungen oder über Richtfunkstrecken erfolgen. Die Fernsteuersignale werden in der Regel in Form verschlüsselter Impulsserien übertragen. Für Sonderzwecke, speziell Distanzschutz, Regelungen usw., wird unverschlüsselte Direktübertragung bevorzugt. Die Fernsteuerung erlaubt im Zusammenhang mit Fernmessung den Betrieb von unbemannten Unterstationen sowie von Wasser- und thermischen Kraftwerken. Bei Wasserkraftanlagen umfasst die Fernsteuerung auch den hydraulischen Teil, wobei die Information über Wasserstand, Durchflussmengen usw. über die Fernmesseinrichtung erfolgt.

Selon la distance et le genre d'installation, la transmission de signaux de télécommande peut s'opérer à l'aide d'appareils à fréquence acoustique par l'intermédiaire de câbles ou à l'aide de dispositifs à fréquence porteuse, le long de lignes à haute tension ou par ondes dirigées. Ces signaux sont généralement transmis sous forme de séries d'impulsions codées. Toutefois, dans certains cas, notamment pour la protection à distance, les réglages, etc., une transmission directe non codée est préférable. En combinaison avec la télémesure, la télécommande permet l'exploitation de sous-stations non desservies, ainsi que d'usines génératrices hydroélectriques et thermoélectriques. Dans le cas d'installations hydroélectriques, la télécommande agit également sur la partie hydraulique, les informations concernant le niveau de l'eau, le débit, etc., étant transmises par le dispositif de télémesure.

Es sind bereits zahlreiche Fernsteuerungen in Betrieb, die zur teilweisen oder vollständigen Fernbedienung von Kraftwerken und Unterstationen dienen. Der Hauptvorteil besteht in der Zentralisation der Bedienungsorgane an wichtigen Knotenpunkten und damit im besseren Überblick über die Netzlage.

Fernsteuersignale sind vom Kommandoort zum gesteuerten Objekt zu *übertragen*. Für die Übertragung kommen drei Möglichkeiten in Betracht. Für kurze Distanzen wird in der Regel Kabelübertragung gewählt, wobei für sehr kleine Entfernungen mit direkter Gleichstromübermittlung, für längere Entfernungen über Tonfrequenzeinrichtungen gearbeitet wird. Kabelübertragung, besonders über werkeigene Kabel, gilt als sehr betriebssicher. Für mittlere und grosse Distanzen wird mit Erfolg Trägerfrequenzübertragung, eingekoppelt in die Hochspannungsleitung, angewandt. Durch geeignete Wahl des Übertragungsverfahrens wird eine der Kabelverbindung vergleichbare Betriebssicherheit erreicht. Als besonders geeignet hat sich das Frequency-Shift-System erwiesen, bei dem dauernd ein Signal ausgesandt wird, dessen Frequenz im Takte der Fernsteuerimpulse zwischen zwei festen Werten hin und her pendelt. Die dauernde Signalübertragung erlaubt eine automatische Überwachung der Verbindung.

Eine dritte Übertragungsmöglichkeit bietet der Richtfunk. Die Fernsteuerimpulse werden in die Tonfrequenzlage umgesetzt und auf die Richtstrahlverbindung aufmoduliert. Die Richtfunkverbindung eröffnet neue Möglichkeiten in der Übertragung auf kürzere Distanzen, so dass die knapp vorhandenen Trägerfrequenzverbindungen für längere Distanzen frei werden. Durch Parallelschalten zweier unabhängig voneinander betriebener Richtfunkverbindungen wird ein für Kraftwerkzwecke genügend hoher Sicherheitsgrad erzielt (Fig. 1).

Grundsätzlich kann zwischen zwei Fernsteuerprinzipien unterschieden werden:

a) Unverschlüsselte Direktsteuerung, welche eine unmittelbare, rasche Einwirkung auf das gesteuerte Objekt erlaubt;

b) Verschlüsselte Impulsübertragung, welche auf wirtschaftliche Weise eine Vielzahl von Befehlen übermittelt.

Unverschlüsselte Direktsteuerung wird für Distanzschutz, Fernregelung usw. eingesetzt. Die umfassende Fernsteuerung und Rückmeldung kompletter Anlagen wird mit verschlüsseltem Impulsprogramm durchgeführt.

Die Verschlüsselung der Befehle erfolgt nach ausgewählten Impuls-Zeit-Verfahren, von denen zwei näher betrachtet werden sollen.

Ein verbreitetes Verfahren bedient sich der Kombination einer festbleibenden Anzahl Impulse auf eine gegebene Anzahl von «Zeit»-Plätzen. Beispielsweise ermöglichen 9 Impulse und 18 mögliche Plätze einen Fernsteuerumfang von 512 verschiedenen Befehlen.

Für die Durchgabe des Impulsprogrammes sind vorbereitende Kriterien nötig, die im wesentlichen die Bereitstellung der Empfangsapparatur zur Folge haben. Fig. 2 zeigt ein Impulsdiagramm dieser Art, wobei die Impuls-Kadenz sendeseitig durch ein mechanisches Pendel gesteuert wird. Ein analoges Pendel steuert die empfangsseitige Zeitkontrolle für die Auswertung des Impulsprogrammes. Das vorlie-

gende Verfahren erlaubt eine rasche Übermittlung einer grossen Anzahl Befehle mit relativ kleinem Aufwand.

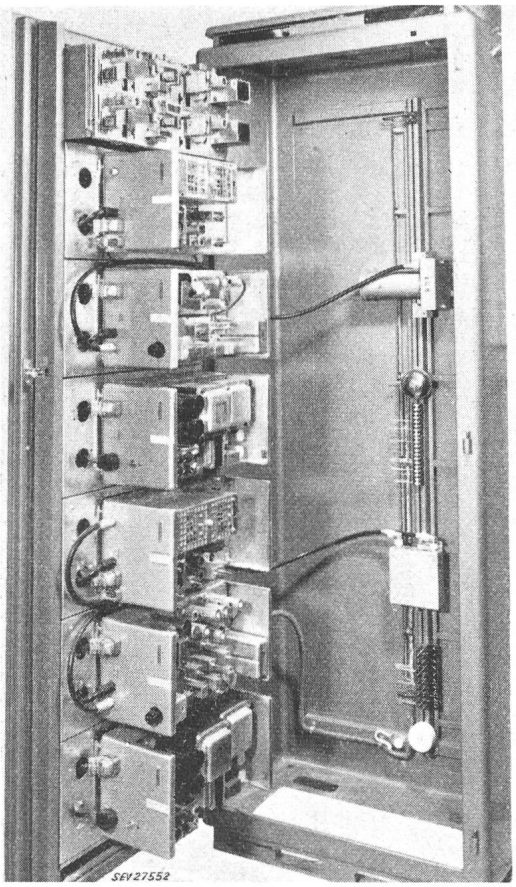
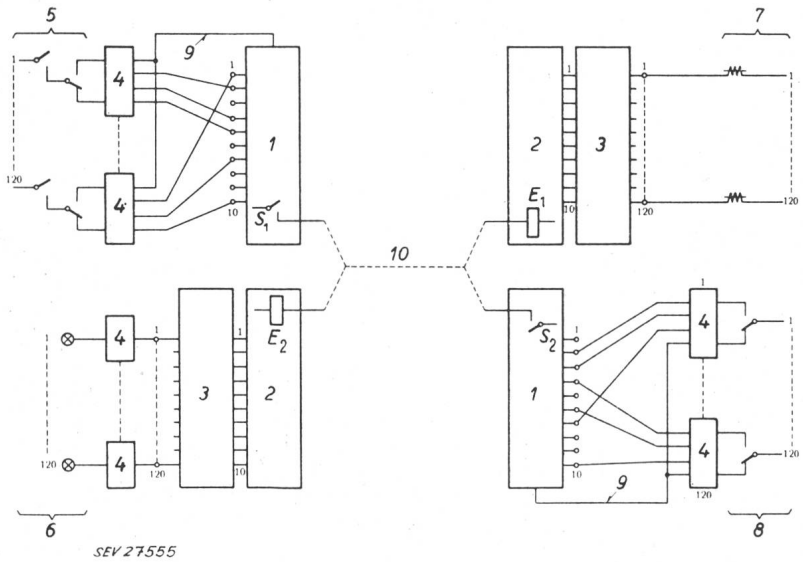


Fig. 1
HF-Sende- und Empfangsanlage für doppelt geführte Richtfunkverbindung zur Übertragung der Fernsteuerbefehle des Fernbetriebes eines Wasserkraftwerkes von 100 MW Leistung über eine Distanz von etwa 25 km
(Anlage Grundfors-Umluspen der Kungl. Vattenfallstyrelsen in Nordschweden)

Ein zweites Verfahren bedient sich eines stets gleichbleibenden Impuls-Pausen-Rasters, wobei aber



z. B. 3 von 10 Pausen viel länger ausgebildet sind. Die Verschlüsselung der Fernsteuerbefehle erfolgt im vorliegenden Beispiel durch Kombination der 3 verlängerten Pausen auf 10 mögliche Plätze. Es resultiert daraus ein Fernsteuerumfang von 120 Befehlen. Ein grösserer Befehlsumfang wird durch Erweiterung des Systems um weitere Plätze erreicht.

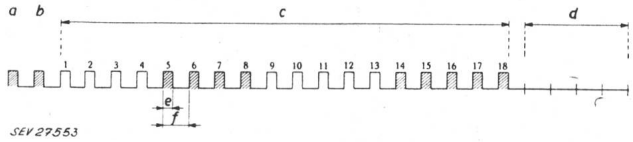


Fig. 2
Impulsdiagramm für einen Steuerbefehl bei einem Fernsteuerumfang von 512 Signalen
a Startimpuls; *b* Fortschaltimpuls; *c* Impulskombination, die aus neun Einzelimpulsen besteht; *d* Kontrolle und Anschluss des Steueraufnahmegerätes; *e* 30 ms; *f* 80 ms

Fig. 3 zeigt das entsprechende Impulsdiagramm zweier verschiedener Befehle nebst den Impulsen für Belegung, Kontrolle und Ausführung. Der Impulsablauf wird zeitlich durch Relaisanordnungen mit bestimmten Eigenzeiten gesteuert. Das geschilderte Verfahren zeichnet sich durch sehr grosse Betriebssicherheit und geringste Anforderungen an Unterhalt aus.

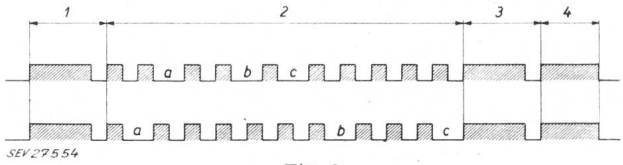


Fig. 3
Impulsdiagramm für zwei verschiedene Befehle
a, *b*, *c* verlängerte Pause; *1* Belegung; *2* Auswahl; *3* Kontrolle; *4* Ausführung

Die Speisung der Relaiseinrichtungen zur Verschlüsselung der Fernsteuerimpulse erfolgt unabhängig vom gewählten System immer aus einer besonderen Batterie. Die grundsätzliche Anordnung einer Fernsteueranlage zeigt Fig. 4. In Ergänzung der vereinfachten Darstellung sei festgehalten, dass der Umfang der Rückmeldesignale meist grösser ist als die Zahl der Fernsteuerbefehle und in der Regel den Anforderungen des Elektrizitätswerkbetriebes angepasst wird.

Gemäss dem Blockschema in Fig. 4 sei kurz der Funktionsablauf eines Fernsteuervorganges festgehalten:

Fig. 4
Blockschema für Fernsteueranlage
1 Senderelaissätze; *2* Empfangsrelaissätze; *3* Auswerter; *4* Schalteinheiten für Befehle und Rückmeldungen; *5* Steuerquittungsschalter mit Überdrehkontakt; *6* Rückmeldelampen; *7* Antriebsorgane; *8* Stellunggeberkontakte; *9* Anlassleitung; *10* Verbindungskanal (Zweidrahtleitung, Tonfrequenz- oder Hochfrequenzkanal oder drahtlose Verbindung); S_1, S_2 Sende-(Tast-)Kontakte; E_1, E_2 Empfangsrelais

Auf Grund der Netzlage soll ein Schaltmanöver ausgeführt werden, dem beispielsweise die 120. Impulskombination zugeordnet ist. Durch Überdrehen

des Steuerquittungsschalters wird der zugeordnete Gleichstromkreis *5* geschlossen, die Schalteinheit *4* erteilt Anlassung über den Stromkreis *9* und wählt die in unserem Beispiel dem 120. Befehl zugeordnete Zeitkombination. Das entsprechende Impulsprogramm wird von den Senderelaissätzen *1* über den Verbindungskanal *10* den Empfangsrelaissätzen *2* zugeführt. Das Impulsprogramm passiert den Auswerter *3*, worauf entsprechend der 120. Kombination der zugeordnete Stromkreis *7* geschlossen wird. Das befohlene Schaltmanöver wird damit empfangsseitig ausgeführt. Der Rückmeldekontakt der be-

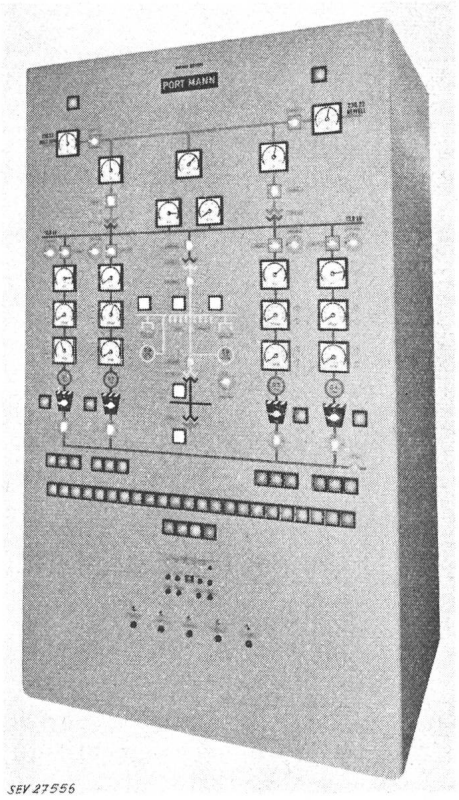


Fig. 5

Steuerschrank eines ferngesteuerten Gasturbinenkraftwerkes mit 100 MW Leistung

Der Schrank ist ein Baustein einer grosen Kommandotafel im Fernsteuerzentrum der British Columbia Electric in Vancouver (Canada)

tätigten Einrichtung soll im Beispiel dabei geschlossen werden. Die Signalisierung des neuen Zustandes zum Kommandoort erfolgt, indem der Rückmeldekontakt den Stromkreis *8* zur Schalteinheit *4* für Rückmeldung schliesst. Anlassung über Stromkreis *9* und Auswahl der für die 120. Rückmeldung vorgesehenen Impulskombination sind die Folge. Der Senderelaissatz *1* vermittelt das Programm über den Verbindungskanal auf die Empfangsrelaissätze *2*. Der nachgeschaltete Auswerter *3* schliesst den der 120. Rückmeldung zugeordneten Stromkreis zu einer weiteren Schalteinheit für Rückmeldung *4* und anschliessend erfolgt Anregung der Rückmeldeorgane *6* (Lampen, Schauzeichen usw.).

Die Fernsteuerung von Wasserkraftwerken umfasst nicht nur den elektrischen, sondern auch den hydraulischen Teil. Der Anlassvorgang der Maschinen erfolgt auf Fernsteuerstartbefehl gemäss örtlicher Programmsteuerung für die Hilfsbetriebe der Turbine und des Generators. Erst wenn alle Hilfsbetriebe in Funktion sind und die Maschine die Drehzahl erreicht hat, erfolgt Rückmeldung, dass Bereitschaft für Parallelschalten an die Werksammelschiene besteht. Durch weitere Fernsteuerbefehle ist es jetzt möglich, auf das Netz zu schalten und die Maschine durch Fernregelung den Netzverhältnissen anzupassen.

Die Fernmessung und -signalisierung umfasst neben allen elektrischen Grössen auch hydraulische Werte wie Wasserstand, Durchflussmengen, Turbinenöffnung usw. Ein Beispiel eines vollständig ferngesteuerten Wasserkraftwerkes in der Schweiz findet sich in dem seit Jahren erfolgreich betriebenen Kraftwerk Calancasca im Misox. Die Fernsteuerung wird hier etwa 40 km über auf die Hochspannungsleitung eingekoppelte Trägerfrequenzkanäle übertragen, die Anlage wird ferngeregelt und bis auf die Einlaßschütze der Wasserfassung im Calancatal auch fernüberwacht.

Abschliessend soll noch darauf hingewiesen werden, dass es heute möglicht ist, auch Gasturbinenkraftwerke vollkommen fernzusteuern. Fig. 5 zeigt den Steuerschrank des im Augenblick grössten Gasturbinenkraftwerkes der Welt mit einer Leistung von etwa 100 MW. Die Übertragung der Fernsteuerimpulse sowie der Fernmesswerte erfolgt mittels in die Hochspannungsleitung eingekoppelter Trägerfrequenzkanäle, kombiniert mit Richtfunk, über je etwa 30 km Länge. Eine Transitstation besorgt die Umsetzung des Impulsprogrammes vom Trägerkanal auf die Richtfunkstrecke.

Die vorliegenden Ausführungen stellen einen kleinen Überblick dar über die Möglichkeiten der Anwendung von Fernsteuerungen für die Bedienung von Kraftwerken und Unterstationen. Die bisherigen Erfolge auf diesem Gebiet haben unverkennbar eine steigende Tendenz, Fernsteuerungen mehr und mehr für komplette Fernbedienung ganzer Anlagen einzusetzen, zur Folge.

Adresse des Autors:

Ch. Hahn, dipl. Ingenieur, AG Brown, Boveri & Cie., Baden (AG).