

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 32 (1941)
Heft: 26

Artikel: Fernsteuern und Fernregulieren über lange Verbindungskanäle
Autor: Eggimann, Ernst
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060066>

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: 13.01.2026

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

Fernsteuern und Fernregulieren über lange Verbindungskanäle.

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 14. Dezember 1940 in Zürich,
von Ernst Eggimann, Bern.

621.398.2

Die grundsätzliche Wirkungsweise des Fernsteuerungssystems der Chr. Gfeller A.G., Bern-Bümpliz, wird kurz erläutert, worauf eine Anzahl ausgeführter Anlagen beschrieben werden.

Ist das fernzusteurende Objekt weit von der Kommandostelle entfernt, so kann nicht mehr für jedes einzelne zu steuernde Organ eine Verbindungsleitung beansprucht werden. Solche vieladige Verbindungsleitungen würden viel zu teuer. Man muss also in Fernsteuerungsanlagen über eine einfache Leitung eine grössere Anzahl von Organen steuern und rückmelden können. In den meisten Fällen steht auch keine metallische Verbindungsleitung zur Verfügung, sondern die Steuerungen müssen über Phantomschaltungen oder Ton- und Hochfrequenzverbindungen vollzogen werden. Man spricht da nicht mehr von Verbindungsleitungen, sondern von Verbindungskanälen. Lange Verbindungskanäle sind meistens nicht ganz rein, das heisst, sie sind durch Induktionsströme oder atmosphärische Ladungen störend beeinflusst. Fernsteuerungsanlagen müssen aber trotzdem sicher arbeiten.

Es soll hier ein Fernsteuerungssystem besprochen werden, das von der Firma Chr. Gfeller A.G. seit ca. 13 Jahren gebaut und weiterentwickelt wird. Ueber lange Verbindungskanäle kann nur mit Schwachstrom gesteuert werden. Wir mussten daher schon bei den ersten Konstruktionen die Erfahrun-

L'auteur explique le principe du fonctionnement du système de commande à distance de la S.A. Chr. Gfeller, Berne-Bümpliz, et décrit un certain nombre d'installations.

scher Beziehung stellen aber die Fernsteuerungsanlagen ganz andere Anforderungen als die, welche in der Telephonie üblich sind. Falschschaltungen dürfen beim Fernsteuern nicht vorkommen. Man darf also hier niemals wie in der automatischen Telephonie auf einfache Impulsreihen abstellen. Zudem verlangen die Fernsteuerungsanlagen die Rückmeldungen der Stellungszustände.

Fig. 1 zeigt die Bauelemente: Der elektromagnetische Schrittschalter wird zum Verteilen der Steuerimpulse benutzt. Beim normalen Schwachstrom-Relais ist die Kontaktgestaltung in bezug auf Form und Material sehr wichtig. Das Starkstrom-Relais dient in den Fernsteuerungsanlagen als Ueberbrückungsglied zwischen dem Schwachstrom- und Starkstromteil. Seine Kontakte vermögen bis 10 A bei 380 V zu schalten. Seine Dimensionen sind wesentlich grösser als diejenigen der Schwachstrom-

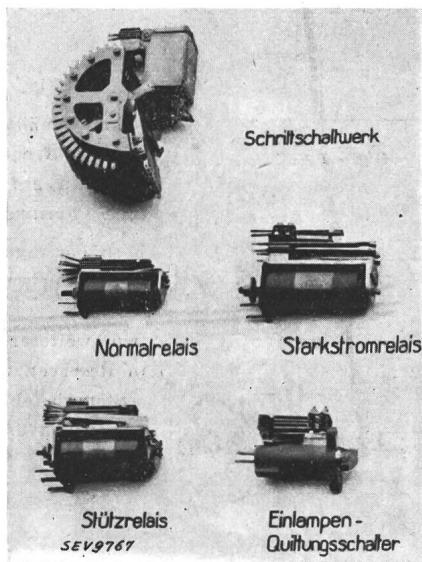


Fig. 1.
Bauelemente für Fernsteuerungs-Einrichtungen, System Gfeller.

gen aus der Schwachstromtechnik heranziehen. Im wesentlichen haben wir daher in unseren Fernsteuerungsanlagen Bauelemente verwendet, die von der Telephonentechnik seit Jahrzehnten entwickelt und verbessert wurden und heute eine sehr hohe Betriebssicherheit aufweisen. In schaltungstechni-

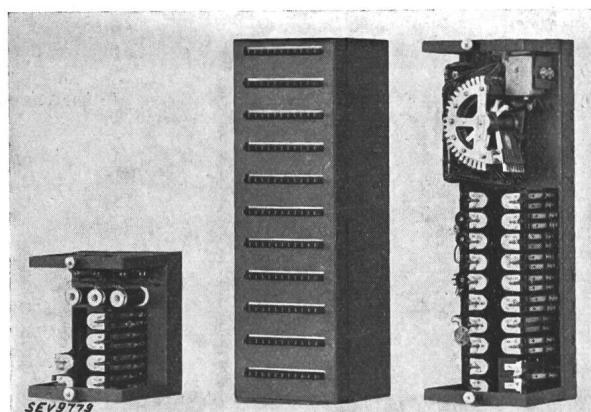


Fig. 2.
Fernsteuerungs-Apparatur, eingebaut in auswechselbaren Relaissätzen.

Relais. Das sog. Stützrelais dient hauptsächlich zur Aufnahme der Rückmeldeimpulse. Mit dem Rückmeldeimpuls «Ein» zieht es über die eine Spule an und hält sich mittels einer Klinkenanordnung mechanisch in der Anzugsstellung bis es durch den «Aus» Rückmeldeimpuls von der zweiten Spule ausgeklinkt wird. Es können so Haltestromkreise erspart werden. Der Quittungsschalter ist mit Schwachstrom-Edelmetallkontakte ausgerüstet. Die Lampe ist im Griff eingebaut und kann leicht ausgewechselt werden. Der Schalter ist so konstruiert, dass sein Platzbedarf im Blindschema klein ist.

Um eine leichte Auswechselbarkeit der wichtigsten Teile der Anlage zu erreichen, werden die Schrittschalter und die Relais in Relaissätze (Fig. 2) eingebaut. Die Verbindung zwischen dem Gestell und dem Relaissatz wird mit Kontaktfedern hergestellt. Ein solcher Relaissatz kann mit einem Griff

ausgehoben und durch einen Reservesatz ersetzt werden.

An Hand der Fig. 3a sei die prinzipielle Arbeitsweise unseres Fernsteuerungssystems erläutert. In der Kommandostelle sowie in der Empfangsstelle sind Verteilerarme, die sich gegenseitig im Syn-

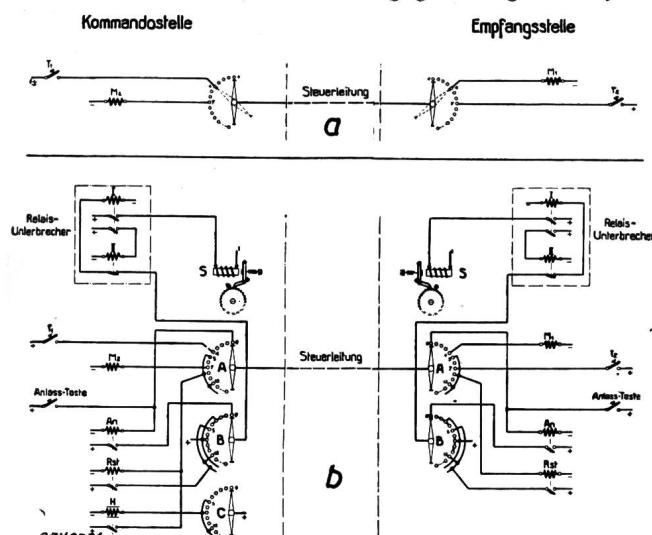


Fig. 3.

a) Grundprinzip.
b) Anlass- und Synchronisierschaltung.

chronlauf über Kontaktfedern drehen. Steht der Schaltarm der Kommandostelle auf Stellung 4, so steht der Schaltarm der Empfangsstelle ebenfalls auf 4. Ist die Taste T_1 gedrückt, so kommt beim Uebergang über die Stellung 4 ein Stromkreis auf den Magneten M_1 zustande. Der Magnet M_1 zieht an und betätigt das zu steuernde Organ. Umgekehrt können Steuerungen von der Empfangsstelle nach der Kommandostelle übertragen werden.

Diese Art von Impulsverteilung mit synchronlaufenden Verteilerarmen wird schon seit langer Zeit verwendet. Um den Synchronlauf der beiden Arme sicherzustellen, sind schon sehr viele Vorschläge gemacht worden. In weitaus den meisten Fällen müssen die Anlagen unabhängig vom Ortsnetz arbeiten. Daher kommen Synchronmotoren zum Antrieb der Schaltorgane kaum in Frage. Man ist gezwungen, mit Batterien zu arbeiten. Treibt man die Verteilerarme mit Gleichstrommotoren, so sind besondere Vorrichtungen erforderlich, welche etwa vorlaufende Arme abbremsen und wieder mit der Gegenstation in Gleichschritt bringen.

Wir verwenden zum Antrieb der Verteilerarme Schrittschalter. Diese haben den grossen Vorteil, dass sie die Arme nicht kontinuierlich über die Kontaktbögen drehen, sondern schrittweise. Nach jedem Schritt steht der Kontaktarm still. Zur Synchronisierung braucht es daher zum Abbremsen überhaupt keine besondern Massnahmen, sondern man muss nur dafür sorgen, dass die Verteilerarme im Sender und Empfänger wieder gleichzeitig aus der Synchronisierstellung herausgehen.

In Fig. 3b ist die Synchronisierschaltung dargestellt, auf die hier nur ganz kurz eingetreten sei. Sender- und Empfängerschrittschalter werden durch die Anlasstaste genau gleichzeitig aus der

Nullstellung angelassen. Von Stellung 1—4 werden dann die Schrittschalter durch Relaisunterbrecher unabhängig voneinander angetrieben. Stellung 5 ist nun als sog. Synchronisierstellung ausgebildet. Kleine eingetretene Laufdifferenzen, hervorgerufen durch ungleichen Takt der Relaisunterbrecher, werden hier durch gleichzeitiges Anlassen des Sender- und Empfängerschrittschalters wieder korrigiert. Über die Stellungen 6—9 arbeiten die Unterbrecher wieder unabhängig voneinander, während sie auf Stellung 10 neuerdings synchronisiert werden. Die zwischen den Synchronisierstellen liegenden Stellungen dienen nun zur Uebertragung der Befehle und Rückmeldungen. Beim Uebergang über die Stellung 4 wird beispielsweise der Steuerimpuls für den Magneten M_1 abgegeben.

Fig. 3b zeigt nur die grundsätzliche Schaltungsanordnung. In Wirklichkeit müssen viel weitere Bedingungen erfüllt werden. Die meisten Verbindungsanlagen übertragen Gleichstromimpulse nicht. Es müssen also Mittel zum Abgeben und Empfangen von Wechselstromimpulsen vorhanden sein. Wir arbeiten auf den Kanälen oft mit sogenannten Induktivimpulsen.

Der Lauf der Schrittschalter muss genau überwacht und kontrolliert werden. Es ist auch dafür zu sorgen, dass einzelne falsche Impulse keine Falschschaltungen verursachen können. Es würde

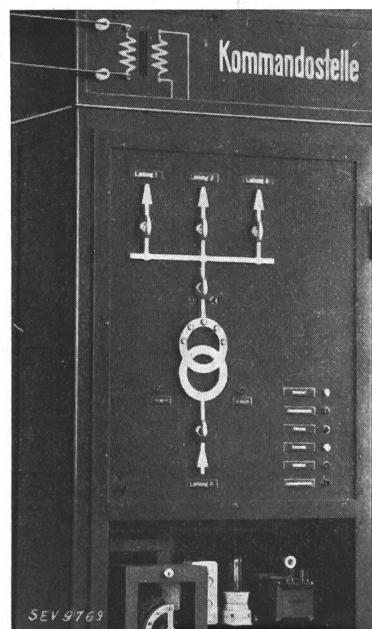


Fig. 4.
Kommandotableau einer
Fernsteuerungsanlage
für eine
Transformatorenstation.

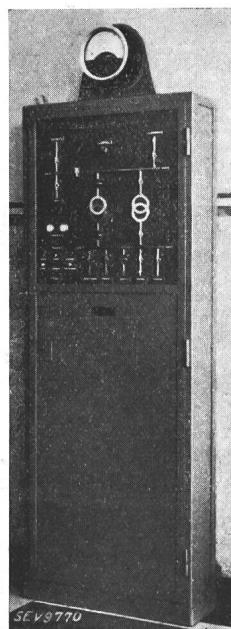


Fig. 5.
Fernsteuerungs-
Kommandoschränke
mit aufgebautem
Kommandotableau
zur Fernbetätigung
einer Transfor-
matorenstation der
«Electricité Neuchâtel-
loise».

zu weit führen, all diese Massnahmen hier näher zu besprechen.

Nach diesen kurzen schaltungstechnischen Erklärungen seien einige Bilder von ausgeführten Anlagen gezeigt.

Fig. 4 zeigt den Aufbau eines einfachen Kommandatableaus. Nebst den vier normal zu steuernden Schaltern ist hier noch eine Steuereinheit mit Parallelschaltzusatz eingebaut. Dem Quittungsschalter wurde zu diesem Zweck eine Taste zugeordnet, mit der der Parallelschaltautomat «zu» und «ab» geschaltet werden kann. Der zugeschaltete Parallelschaltautomat wird durch die zusätzliche Rückmeldelempfeier signalisiert. In diesem Blindschema ist ferner eine Regulierung für einen fünfstufigen Transformator eingebaut. Die Stufensteuerung erfolgt mit den zwei Tasten «auf» und «ab». Für die Stellungsrückmeldung dienen die im Symbolzeichen eingebauten Lampen. Rechts unten im Blindschema sehen wir die allgemeinen Bedienungstasten und Lampen.

Fig. 5 zeigt eine für die «Electricité Neuchâteloise» gebaute Anlage. Zwei der eingebauten Oelschalter sind mit Parallelschaltzusatz ausgerüstet. Dem Schaltwärter wird hier an Hand von Phasenlampen der Synchronisierungsvorgang noch im besondern dargestellt. Er kann mit einer Taste bei Phasengleichheit die Schaltung vollziehen.

In Verbindung mit der Maschinenfabrik Oerlikon wurden verschiedene Fernsteuerungsanlagen gebaut. Fig. 6 zeigt die Kommandostelle einer Einrichtung, welche für die Stadt Bordeaux ausgeführt

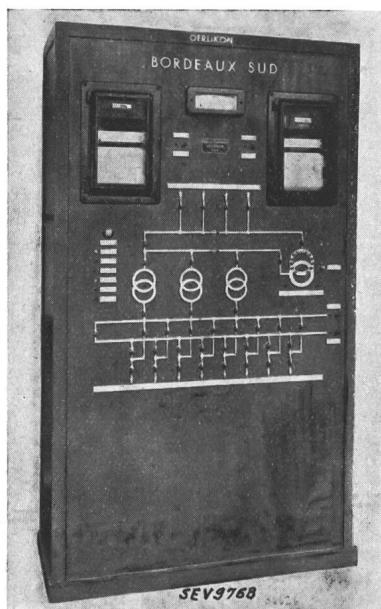


Fig. 6.
Kommandostelle einer Fernsteuerungsanlage, kombiniert mit
Fernmessungen, geliefert für die Stadt Bordeaux.

wurde. Die Fernsteuerung ist hier kombiniert mit Fernmessapparaten System Landis & Gyr. Die Aufschaltung der Geberinstrumente erfolgt wahlweise über die Fernsteuerung.

Eine weitere Anlage, die wir mit der Maschinenfabrik Oerlikon gebaut haben, ist die Steueranlage für die Transformatorenstation Engehalde des EW der Stadt Bern. Fig. 7 zeigt den Kommandoraum im Monbijou. Das Blindschema enthält total 119 Oelschalter und Trenner, von denen heute 93 fern-

gesteuert, bzw. rückgemeldet werden. Die Stufentransformatorregulierung erfolgt hier in gleicher Weise wie früher besprochen. Rechts vom Blind-



Fig. 7.
Kommandobühne der Fernsteuerungsanlage für die Transformatorenstation Engehalde des Elektrizitäts-Werkes der Stadt Bern.

schemata sind die Fernmessinstrumente System Trüb Täuber eingebaut, deren Aufschaltung auch mittels der Fernsteuerung vollzogen wird. Die ferngesteuerte Schaltstation Engehalde ist selbst auch noch mit einem Kommandostand ausgerüstet. Die eingebauten Steuerschalter arbeiten parallel zur Fernsteuerung auf dieselben Schaltorgane. Fig. 8 gibt einen Einblick in diesen Kommandoraum.

Eine sehr interessante Anlage ist die Regulier- und Rückmeldeanlage, die für die Kraftwerke Brusio A. G. in Poschiavo geliefert wurde. Die Ein-

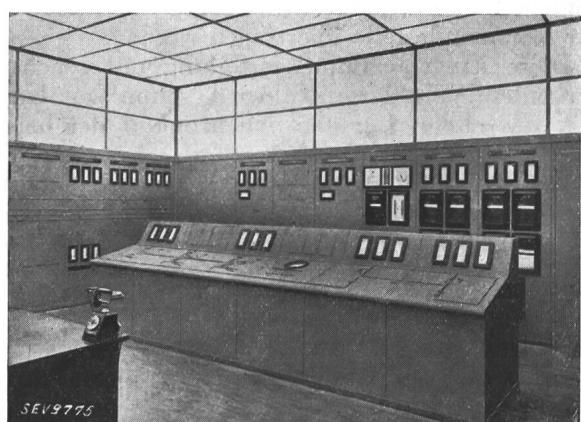


Fig. 8.
Kommandoraum in der Transformatorenstation Engehalde des Elektrizitäts-Werkes der Stadt Bern.

richtung dient zur Regulierung des Staausees Meschnino-Poschiavo vom Maschinenhaus Campocologno aus. Man konnte hier als Verbindungsleitung nur eine Telefonleitung zur Verfügung stellen, die am Gestänge einer Hochspannungsleitung verlegt ist und somit in bezug auf Störspannungen sehr zu wünschen übrig lässt. Eine Drosselklappe und zwei Schleusen, je zweihundertstellig, werden wahlweise auf jede beliebige Stellung ferngesteuert und rückgemeldet. Zudem wird auch der Seestand, der

bis zu 700 cm variieren kann, sowie der Wasserstand in einer Messkammer mit 200 cm Messhöhe von cm zu cm rückgemeldet.

Die angewendete Schaltung ist gegen Falschschaltungen absolut gesichert. Der Schaltvorgang ist im wesentlichen folgender: Der Kommandoschalter der Drosselklappe wird auf den gewünschten Wert eingestellt und hierauf die Befehlstaste gedrückt. Durch die Fernsteuerung wird der Befehl nach dem Empfänger übertragen und dadurch ein Markierschalter auf die befohlene Stellung gesteuert. Diese Einstellung wird nach der Kommandostelle rückgemeldet und auf Richtigkeit kontrolliert. Erst nach geprüfter Rückmeldung wird der Befehl auf den Antriebsmotor der Drosselklappe gegeben. Der Motor bleibt so lange im Betrieb, bis die Stellung des Markierschalters erreicht ist. Als Grundschaltung dient auch hier der synchronlaufende Schrittschalter.

Diese Anlage beweist, dass auch die schwierigsten Wehr-Anlagen über einen einzigen Verbindungskanal absolut zuverlässig fernreguliert werden können.

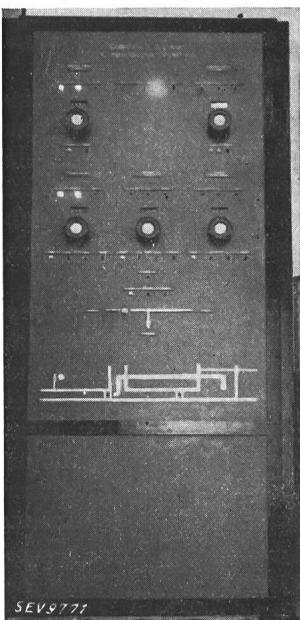


Fig. 9.
Kommandotableau der Fernregulieranlage für den Stausee Meschino, Kraftwerke Brusio A.-G., Poschiavo.

Fig. 9 zeigt das Kommandotableau und Fig. 10 den Kommandoschrank. Alle Teile pro Einheit sind auch hier wieder in auswechselbare Sätze eingebaut. Einen in Meschino montierten Markierschalter, eingebaut in wasserdichtem Gehäuse, zeigt Fig. 11. Der Gehäusedeckel ist abgehoben.

Die Generaldirektion der PTT hatte uns den Auftrag erteilt, die auf der Strecke Zürich-Lugano liegenden Rundspruchverstärker von Zürich aus fernzusteuren und rückzumelden. Die Verstärker müssen von Richtung Nord-Süd auf Süd-Nord umgelegt sowie ausgeschaltet werden können. Die Leitungsverhältnisse waren in dieser Anlage ebenfalls außerordentlich schwierig. Als Verbindungs-kanal stand ein pupinisiertes Stammpaar zur Verfügung. An dieses sind parallel angeschlossen die Steuerbuchten der Verstärkerämter Zürich, Luzern, Altdorf, Faido und Lugano. Gesteuert wird mit Induktivimpulsen.

Fig. 12 zeigt einen Ausschnitt aus dem Kommandopult im Verstärkeramt Zürich. Als Steuerschalter wird auch hier der Einlampenquittungsschalter, jedoch in dreistelliger Ausführung, verwendet. Eingebaute Wählerschalter dienen zur Umsteuerung der sogenannten Rundspruchbuchten auf

die verschiedenen Programme. In Fig. 13 ist eine Relaisbucht, enthaltend den kompletten Fernsteuerungsteil für ein Verstärkeramt, dargestellt. Unten

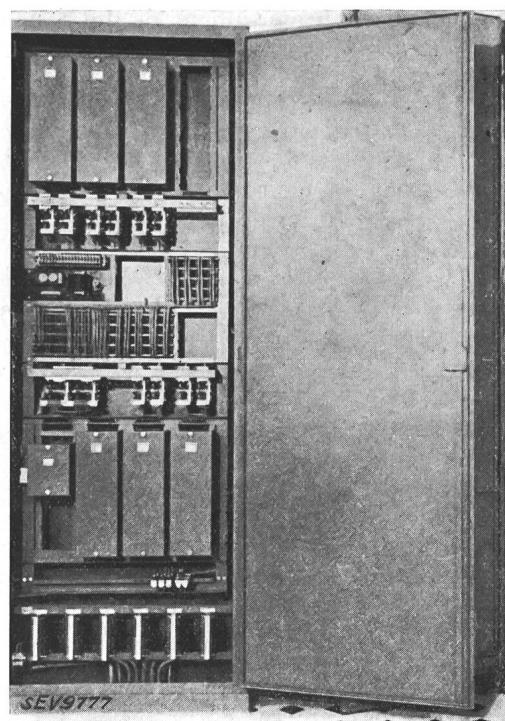


Fig. 10.
Kommando-Relaischrank der Fernregulieranlage für den Stausee Meschino, Kraftwerke Brusio A.-G., Poschiavo.

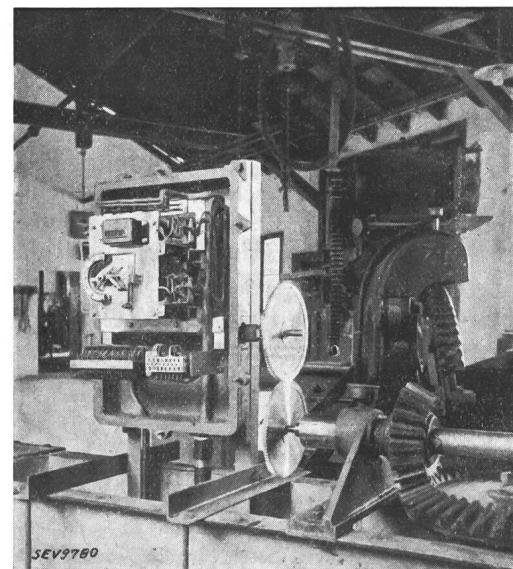


Fig. 11.
Markierschalter mit Steuerrelais, eingebaut in wasserdichtem Gussgehäuse, gekuppelt mit den Schleusen-Antriebsorganen, montiert im Schleusenhaus Meschino, Kraftwerke Brusio A.-G., Poschiavo.

sind die allgemeinen Fernsteuerungsteile und oben die Verstärkerumschaltersätze sichtbar.

Sehr oft stehen für die Fernsteuerungs- und Fernregulierungszwecke keine werkeigenen Leitungen oder Verbindungskanäle zur Verfügung. Es

stellte sich daher die Frage, ob für solche Fernsteuerungsanlagen das öffentliche Telephonnetz benutzt werden könnte. Die Schweizerische Telephonverwaltung kommt in dieser Hinsicht den Werken sehr weitgehend entgegen, indem sie die Steuerung

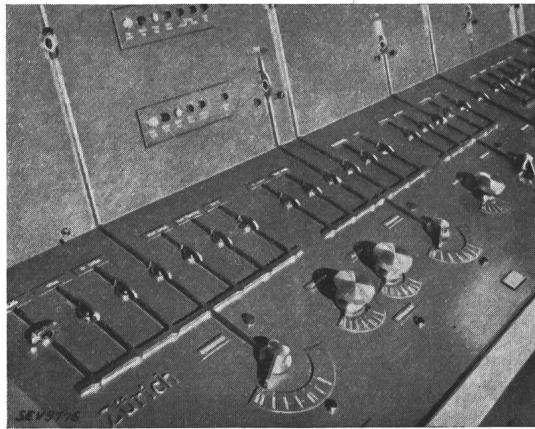


Fig. 12.

Ausschnitt aus dem Kommandopult der Fernsteuerungseinrichtung, montiert im Verstärkeramt Zürich der PTT.

über ihr Netz gestattet, insofern ihre Vorschriften genau befolgt werden. Liegen die Kommandostelle und die Empfangsstelle an der gleichen Telephonzentrale, so kann mittels einer besonderen Brückenschaltung ein direkter Verbindungskanal hergestellt werden. Dieser Kanal steht der Fernsteuerungsanlage dauernd zur Verfügung. Die Schaltung, die in solchen Fällen angewendet wird, ist in Fig. 14 dargestellt.

Mittels symmetrischen Ankupplungsgliedern schaltet man sich beim Sender und beim Empfänger auf die Telephonleitung. Dabei wird die Erde als Rückleiter verwendet. Solche Schaltungen sind längst bekannt,

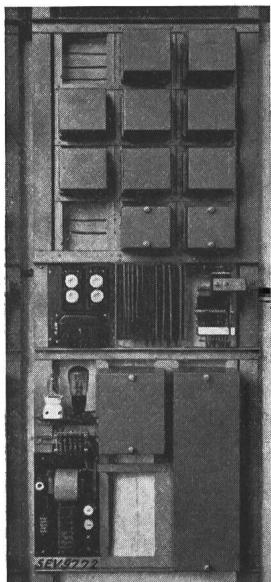


Fig. 13.
Relaisbucht, enthaltend den kompletten Fernsteuerungs- teil für ein Verstärkeramt.

konnten aber bisher in den wenigsten Fällen angewendet werden. Die Schwierigkeit lag anfänglich in der Erdung der Speise- und Rufstromnetze in der Zentrale. Infolge dieser Erdung beeinflussten sich der Fernsteuerungs- und der Telephonbetrieb gegenseitig. Um diese Beeinflussungen zu verhindern, hatte man versucht, in die Teilnehmerleitungen Sperrfilter einzubauen, welche die Steuerströme von der Telephonzentrale fernhalten. Solche Sperrfilter haben aber nie recht befriedigt,

weil sie ungünstig auf die Sprech- oder auf die Rufströme des Telephonbetriebes einwirken. Wir schalten nun zwischen das Ankupplungsglied und die Telephonzentrale eine Sperrspule. Diese Spule ist hoch induktiv und so in die Leitung eingeschaltet,

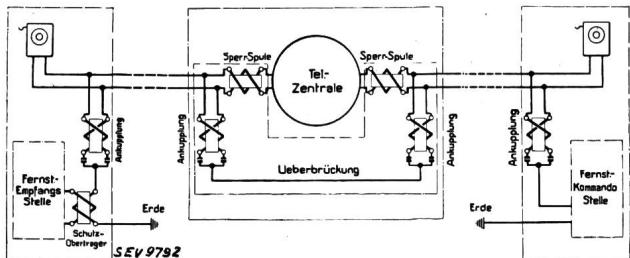


Fig. 14.

Simultane Anschaltung eines Fernsteuerungsverbindungs-kanals an Teilnehmerleitungen des öffentlichen Telephonnetzes.

dass ihre Induktivität für die Telephonieströme nicht wirkt. Für die Steuerströme aber hat sie eine hohe Sperrwirkung. Die Spule sperrt also die Telephonzentrale von sämtlichen Steuerstromfrequenzen. Für die Telephoniestromkreise ist sie aber absolut induktionslos; sie beeinflusst also den Telephonbetrieb nicht.

Durch diese Trennung des Telephonbetriebes vom Fernsteuerungsbetrieb wurde es der Telephonverwaltung möglich, das Anschalten von simultanen Verbindungskanälen auf ihre Teilnehmerleitungen zu gestatten. Im Verlauf der letzten Jahre haben wir über 30 Anlagen ausgeführt, bei denen auf die beschriebene Art die Telephon-Teilnehmerleitungen als Verbindungskanäle benutzt werden.

Liegen aber Kommandostelle und Empfangsstation nicht an der gleichen Ortszentrale, so muss die Steuerung mittels Tonfrequenz erfolgen. Der Verbindungskanal steht nun nicht mehr dauernd zur Verfügung, sondern er muss, wenn geschaltet und

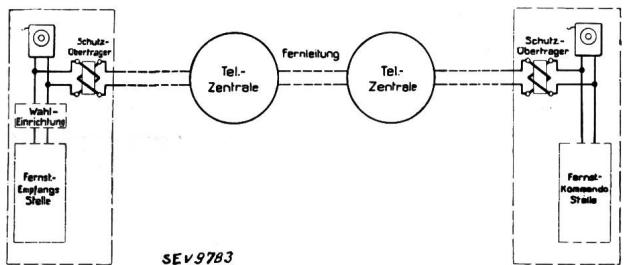


Fig. 15.

Leitungsschaltung einer Fernsteuerungs-Einrichtung unter Benutzung von Teilnehmer- und Fernleitungen des öffentlichen Telephonnetzes.

rückgemeldet werden soll, zuerst hergestellt werden. Die Berechnung der Verbindungsleitung erfolgt zu gleichen Taxen wie beim Telephonbetrieb.

In Fig. 15 ist eine Fernsteuerungsanlage unter Benutzung einer Telephonfernverbindung schematisch dargestellt. Löst z. B. in der Fernsteuerungsempfangsstelle ein Schalter automatisch aus, so wird mittels der Wahleinrichtung über die Fernleitung die Fernsteuerungskommandostelle gewählt. Ist die Verbindung hergestellt, so wird über die Fernsteue-

rungseinrichtung im Blindschema der Kommandostelle die dem ausgelösten Schalter zugeordnete Rückmeldelampe zum Aufleuchten gebracht. Soll umgekehrt von der Kommandostelle aus eine Fernbetätigung vollzogen werden, so wird zuerst die Empfangsstelle gewählt. Hierauf wird mittels der

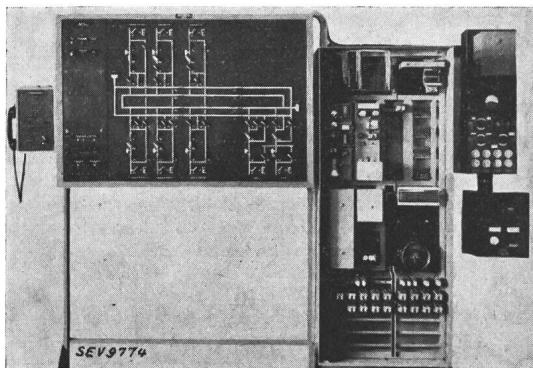


Fig. 16.

Kommando-Einrichtung einer Fernsteuerungsanlage, angeschlossen an das öffentliche Telephonnetz, zur Fernbedienung der Schaltstation Brislach der Bernischen Kraftwerke A.-G.

Fernsteuerungseinrichtung der betreffende Schaltbefehl durchgegeben.

Fig. 16 zeigt eine für die Bernischen Kraftwerke nach Delsberg gelieferte Kommandoeinrichtung zur Steuerung der Schaltstation Brislach mit Tonfrequenz über das öffentliche Telephonnetz. Im Blindschema sind die Steuerschalter mit zwei Lam-

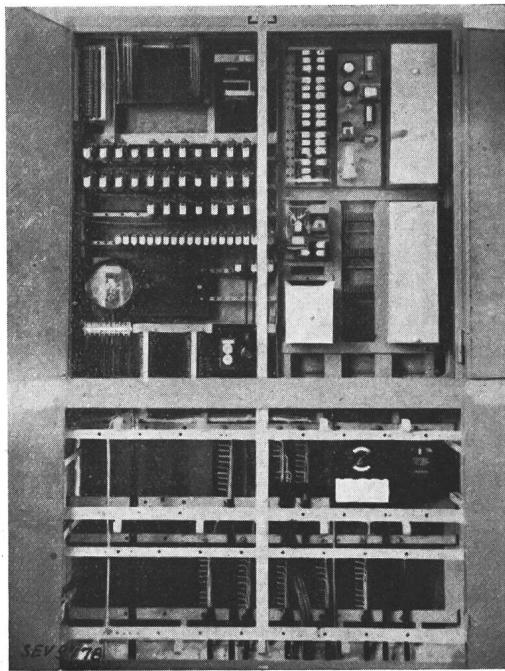


Fig. 17.

Empfängerschrank der Fernsteuerungsanlage für die Unterstation Brislach der Bernischen Kraftwerke A.-G.

pen ausgerüstet. Die eine markiert die Stellung «aus», die andere die Stellung «ein». Ist die brennende Lampe durch den Schaltergriff abgedeckt, so entspricht das der quittierten Stellung. Fig. 17

zeigt die Empfangsstation dieser Anlage, montiert im Messgebäude der 45-kV-Schaltstation Brislach.

Wir haben auch schon reine Meldeanlagen gebaut. Kurz erwähnen möchte ich die an das Kantonale Wasserrechtsamt in Bern gelieferte Anlage, welche gestattet, von Bern aus über das öffentliche Telephonnetz bis zu 20 Wasserstände der bernischen Gewässer einzuhören (Fig. 18). Die eintreffenden Meldungen werden mit Datum und allen den erforderlichen Angaben vollautomatisch aufgezeichnet.

Wir waren, als wir vor 13 Jahren den Bau von Fernsteuerungsanlagen für Kraftwerke aufnahmen, ausschliesslich mit der Fabrikation von Schwachstromapparaten beschäftigt. Das Zusammentreffen der Schwachstrom-Steuereinrichtungen mit den Starkstromausrüstungen der Unterwerke erforderte zusätzliche Erfahrungen, über die wir noch nicht verfügten. In dieser Hinsicht wurden wir von unseren ersten Fernsteuerungskunden vorzüglich unter-

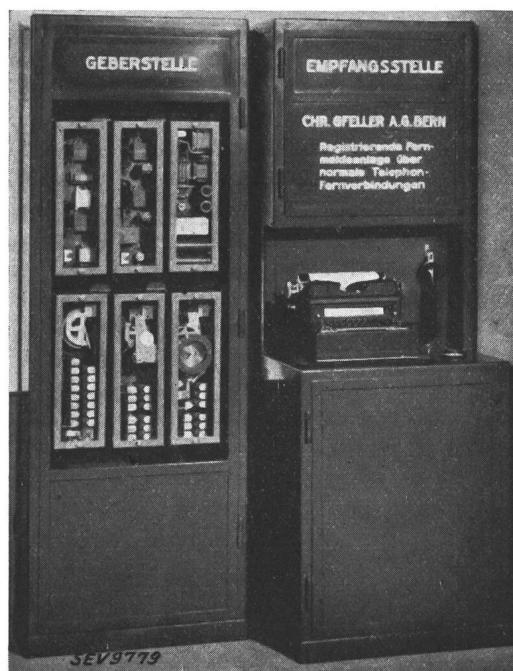


Fig. 18.
Einrichtung zur Fernmeldung und Registrierung von verschiedenen Wasserständen, geliefert für das Kant. Wasserrechtsamt Bern.

stützt. Als sich z. B. die Direktion der Betriebs-technischen Abteilung der Bernischen Kraftwerke A. G. dazu entschloss, die außerordentlich wichtige 150-kV-Schaltstation Bickigen als Erstanlage über das öffentliche Telephonnetz vom Kraftwerk Mühlberg aus (Distanz ca. 60 km) fernzusteuern, war das sicher ein gewagtes Unternehmen. In dieser ersten Anlage musste auch der Auftraggeber mitwirken, um sämtliche auftretenden Schwierigkeiten zu überbrücken.¹⁾

Viele nützliche Ratschläge konnten wir auch von der Maschinenfabrik Oerlikon erhalten.

¹⁾ Siehe Beschreibung im Bull. SEV 1931, Nr. 14, S. 333 ff.

Mit den Fernsteuerungseinrichtungen ist man heute viel weiter als in grossen Fachkreisen angenommen wird. Die Sicherheit der Anlagen ist sehr gross. Falschschaltungen sind uns bis anhin trotz

der vielen tausend Schaltungen, die durch unser Fernsteuerungssystem verarbeitet wurden, keine vorgekommen.

Les télémesures appliquées au téléréglage des réseaux interconnectés.

Communication faite le 14 décembre 1940, à Zurich, en séance de l'ASE,
par J. Pelpel, Paris.

621.817.083.7 : 621.398.2

Le réglage Fréquence-Puissance de grands réseaux interconnectés a été exposé à l'Assemblée de Discussion de l'ASE en 1937¹⁾. Ce réglage ne peut être réalisé qu'à l'aide de la Télémétrie et du Téléréglage. Les systèmes et appareils étudiés et construits par la Cie des Compteurs, S. A., sont décrits et leur application et fonctionnement sont exposés selon les différentes conditions d'exploitation susceptibles de se présenter.

Nous nous proposons de décrire les appareils de télémesure et les régulateurs secondaires qui permettent d'assurer le réglage d'un réseau interconnecté. Les conditions du problème ont déjà fait l'objet de nombreuses discussions; rappelons les cependant brièvement:

Soit un complexe *A* comportant des générateurs et des consommateurs, lié par une artère *ab* à un deuxième complexe *B* qui comporte, également, des générateurs et des consommateurs (fig. 1). Une première solution au réglage de ces deux complexes consiste à ne faire régler la fréquence que par un seul générateur ou groupe de générateurs situés dans l'un des complexes, tous les autres générateurs fonctionnant alors à ouverture maximum et à puissance fixe. Ce mode de réglage est appelé: réglage par machine pilote; il a souvent été adopté.



Fig. 1.

Cependant, le défaut de cette solution réside dans le fait que toutes les variations de charge doivent être absorbées par une même machine ou une même centrale. Lorsque l'interconnexion s'étend, les amplitudes de variations de charge sont telles que, d'une part, les machines réglantes fatiguent énormément et travaillent à mauvais rendement, d'autre part, que les échanges sur les lignes d'interconnexion subissent de grosses variations qui peuvent dépasser la capacité de transport de ces lignes de liaison. Dans ces conditions, on a cherché un système de réglage permettant à chaque complexe de régler les variations de charge de ses propres consommateurs à l'exclusion de toute autre.

Mais l'expérience prouve qu'il n'est pas possible de conduire un tel réglage en se basant uniquement sur l'indication de fréquence. En effet, les régulateurs primaires et secondaires n'ont pas exactement la même rapidité de réponse et, de ce fait, on risque d'amorcer des glissements de charge entre les deux réseaux. Pour limiter l'amplitude de

ces glissements, on est amené à tenir compte de la puissance échangée sur l'artère de liaison *ab*.

La première idée qui apparaît est alors de régler d'une façon telle que la puissance d'interconnexion reste fixe et égale à une valeur définie par programme; mais cette solution est encore imparfaite. Supposons en effet, que le complexe *A* soit exportateur d'énergie vers le complexe *B*. Si, à un instant donné, un appel de charge apparaît dans le complexe *A*, la puissance exportée tendra à diminuer. Le complexe *B*, dont le réglage était supposé correct, tendra à diminuer sa production, de façon à ramener la puissance d'interconnexion conforme au programme. Cette action est contraire à l'intérêt général, la charge totale des deux réseaux ayant au contraire augmenté.

On remédie à cet inconvénient en tenant compte à la fois de l'écart de puissance sur l'interconnexion et de l'écart de fréquence. On règle alors en fonction de

$$\Delta P + K \Delta f$$

ΔP étant l'écart de puissance, Δf l'écart de fréquence et K un coefficient réglable dépendant du statisme de chacun des complexes.

Si nous reprenons l'exemple précédent pour un appel de charge du complexe *A*, la puissance livrée au complexe *B* tend à diminuer et la fréquence tend également à baisser, l'écart à compenser par le complexe *A* est alors:

$$\Delta P + K_1 \Delta f$$

dans lequel ΔP et Δf sont de même signe et s'ajoutent arithmétiquement, ce qui tend à produire une compensation d'autant plus rapide.

Au contraire, dans le complexe *B* consommateur, ΔP et Δf sont de signes opposés et, si le coefficient K_2 est judicieusement choisi, la fonction du réglage $\Delta P + K_2 \Delta f$ s'annule pour ce deuxième réseau. Ce dernier ne modifiera pas la position d'ouverture des vannes de ses machines et, ainsi, laissera le temps au réseau *A* d'assurer son réglage et d'absorber l'écart qu'il a à compenser.

Dans le cas où l'interconnexion s'étend et où le complexe *A* n'est plus relié à un seul réseau *B*,

¹⁾ Bulletin ASE 1937, No. 22, p. 525.