

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 26 (1935)
Heft: 17

Artikel: Grundlagen der Fernüberwachung elektrischer Betriebe
Autor: Howald, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060328>

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: 17.01.2026

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

tiger Verwendung in feinerstäubter Form ein durchaus beachtliches Löschmittel.

b) Die Frage, ob in einer Anlage, die unter Spannung steht, gelöscht werden darf, ist nach folgenden Gesichtspunkten zu beurteilen:

1. Objektive Gefährdung des Löschenden infolge der elektrischen Leitfähigkeit des Löschmittels ist in keinem Falle vorhanden.
2. Einleitung von Erd- und Kurzschlüssen durch das Löschmittel ist möglich bei Schaumlöschern, wenn der Schaum die Oberfläche von Isolatoren vollständig bedeckt; bei Wasser ist diese Gefahr

praktisch nicht vorhanden; Kohlensäure und Tetrachlorkohlenstoff sind völlige Nichtleiter.

3. Die subjektive Gefahr zufälliger Berührung von Anlageteilen, die unter Spannung stehen, ist stets vorhanden; sie ist vielleicht das zwingendste Argument gegen Löscherversuche in spannungsführenden Anlageteilen.
4. Tetra-Apparate sind bei Anwendung in grösserem Umfang unbedingt mit Gasmaske zu bedienen. Die übrigen Geräte lassen sich, ausgenommen bei grösserer Rauchentwicklung, sehr wohl ohne Maske anwenden.

Grundlagen der Fernüberwachung elektrischer Betriebe.

Von W. Howald, Winterthur *).

621.398.2:621.317.0-3.7

Die immer stärkere Zentralisierung der Energieerzeugung und die für den Energieaustausch nötig gewordene enge Vermaschung der Hochspannungsnetze stellten die Elektrotechnik vor die neuen Aufgaben der Fernüberwachung und Fernbedienung. Die grosse geleistete Entwicklungsarbeit zeigt sich im Anwachsen der einschlägigen Literatur, die dem Nichtspezialisten kaum mehr den Ueberblick gestattet. Es dürfte daher von allgemeinem Interesse sein, wenn im nachfolgenden versucht wird, die Grundprinzipien, auf denen sich die gewählten Lösungen aufbauen, klarzulegen, ohne auf Einzelheiten einzugehen.

La production de l'énergie électrique se centralise de plus en plus, et l'interconnexion des réseaux devient plus compliquée. Les échanges d'énergie entraînent la télémessure et la surveillance à distance, c'est-à-dire elle-même centralisée. Ces systèmes sont assez compliqués, et les descriptions s'adressent en général aux spécialistes. On lira donc avec intérêt et avantage l'exposé suivant qui donne les principes fondamentaux d'une façon très claire, sans entrer dans des détails inutiles.

Die Betriebsleitung elektrischer Anlagen erforderte schon frühzeitig die Nutzbarmachung der bekannten Nachrichtenmittel¹⁾ und ihre Anpassung an die spezielle Verwendungsart. Neben dem üblichen Staatstelephon mit normaler Amtsvermittlung kamen gemietete Leitungen in Betracht, welche dann ausschliesslich zur betriebsmässigen Nachrichtenübermittlung dienstbar waren. Diese Leitungen sind aber infolge der hohen Mietgebühr kostspielig und wie alle Schwachstromleitungen, sofern sie nicht verkabelt sind, den Unbilden der Witterung und damit Störungen stark unterworfen.

Die Werke gingen bald dazu über, längs ihrer Hochspannungsstränge werkseigene Telephonleitungen zu erstellen. Diese Leitungen werden aber durch die Vorgänge im Hochspannungsnetz stark beeinflusst. Der nötige Schutz gegen Induktions- und Berührungsspannungen macht die Apparate unhandlich. Fig. 1 (S. 478) zeigt die für eine solche Station nötigen Sicherungseinrichtungen.

Die im Kriege gemachten Erfahrungen mit der Hochfrequenz-(HF-)Telephonie machte man sich auch für den Netzbetrieb zunutze. Neben anderen Firmen hat hier Telefunken bahnbrechend gewirkt. Das Prinzip besteht darin, dass zwei elektromagnetische Wellen, von denen je eine als Sprechwelle für jede Station dient, über grosse Kondensatoren auf die Hochspannungsleitung aufgedrückt werden und dieser bis zur Gegenstation folgen. Damit diese Wellen nicht abfliessen können, werden die gekoppel-

ten Phasen des Netzes durch HF-Sperren, welche aber die Betriebsfrequenz durchlassen, abgesperrt. In gleicher Weise werden auch Schaltstationen überbrückt, so dass die Verbindung vom Schaltzustand unabhängig ist. Fig. 2 zeigt die schematische Darstellung einer HF-Anlage.

Für die Kopplung dienen wie vorerwähnt Kondensatoren. Diese bestehen entweder aus Mika für Innenaufstellung, Porzellan oder neuerdings aus Pa-

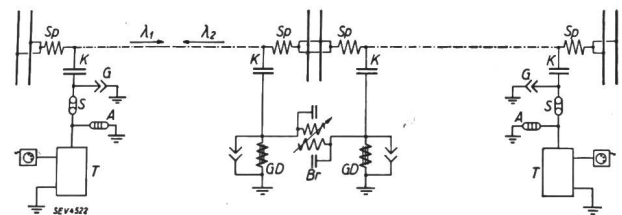


Fig. 2.

Schema einer Hochfrequenztelephonanlage mit Stationsüberbrückung.

- | | | | |
|---|--|-------------|---|
| T | Zweiwellen-Telephoniegerät. | Sp | Hochfrequenzsperre. |
| A | Luftleerableiter, 600 V. | GD | Grobspannungsableiter mit Ableitdrosselspule. |
| S | Hochspannungs-Sicherung, 24 kV. | Br | Brückengerät. |
| G | Grobspannungsableiter, 2000 V. | λ_1 | Sprechwelle der rufenden Station. |
| K | Kopplungskondensator, C = ca. 1000 cm. | λ_2 | Sprechwelle der gerufenen Station. |

pier in einem Oelgefäss für Aussenaufstellung. In Fig. 3 ist eine solche Ankopplung an ein 110-kV-Netz dargestellt; es sind darin auch die aufgehängten HF-Sperren ersichtlich. Wie das Bild zeigt, wird nur eine Phase der Hochspannungsleitung benützt.

Die neuesten Sprechgeräte von Siemens arbeiten mit vollem Netzanschluss; sie sind ferner mit einer

*) Auszug aus einem Vortrag, gehalten im Technischen Verein Winterthur am 11. Januar 1935.

1) H. Leuch. Bull. SEV 1929, S. 784.

automatischen Pegelregelung ausgestattet, die Störgeräusche möglichst entfernt und hauptsächlich für eine bei allen Leitungszuständen gleichbleibende Lautstärke sorgt. Fig. 4 zeigt eine solche Station. Im

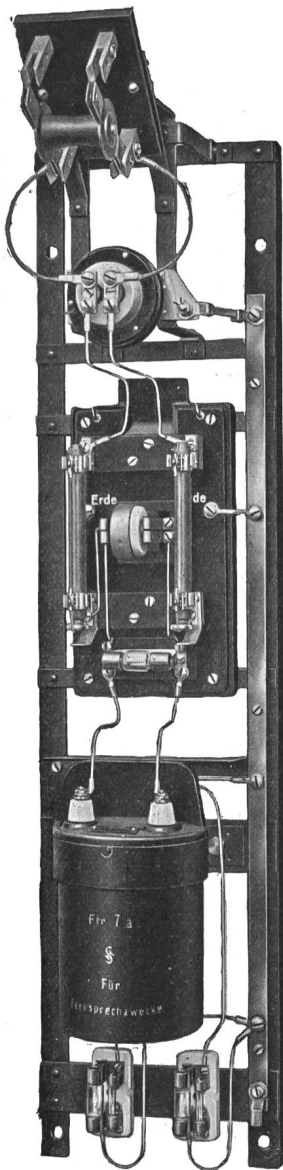


Fig. 1.
Hochspannungstelephon
(S & H).
(Sicherungseinrichtung).

oberen Teil finden sich die Abstimmittel, links der Empfänger, rechts der Sender und unten die Einrichtungen für die Speisung und den Anschluss. Die Auswahl und der Anruf der Gegenstation erfolgt mit der Nummernscheibe. Der Uebergang auf das gewöhnliche Telefon ist ebenfalls möglich.

Für den engen Verbundbetrieb und die Zusammenschaltung der grossen Netze genügte aber auch die blossе Nachrichtentechnik, sogar wenn sie mit den modernen Geräten für Bildübertragung ausgerüstet war, nicht mehr.

Die Elektrotechnik sah sich vielmehr vor die Aufgabe gestellt, dem Betriebsmann Mittel in die Hand zu geben, welche gewissermassen seine Augen und seine Hände an entfernte Stellen des Netzes versetzen, um dort überwachend oder regelnd einzugreifen. Damit ist diese neue Aufgabe schon spezieller umschrieben, indem einerseits Messwerte zu übertragen sind, andererseits sollen Maschinen auf grosse Entfernungen beeinflusst, oder Schaltzustände von Anlagen kontrolliert oder verändert werden.

Fernmessung und Fernbetätigung haben beide gemeinsam, dass zuerst der Messwert oder die gewünschte Bewegung erfasst werden muss. Nachher wird sie übertragen und zuletzt wieder in

den Messwert, bzw. die Bewegung zurückverwandelt. Für die nachfolgende Betrachtung kann daher zuerst die Uebertragungsfrage zurückgelegt werden in der Annahme, die nötige Apparatur sei schon vorhanden oder, fachtechnisch ausgedrückt, der «Kanal» stehe zur Verfügung.

1. Die Fernmessung.

Technische Grössen werden den menschlichen Sinnen im allgemeinen durch Ausschläge von Instrumentenzeigern kenntlich gemacht. Die Grösse des Messwertes M ist somit eine Funktion des Win-

kelausschlages α , welcher sich seinerseits für jede Zeit t_1, t_2, \dots ändert.

$$M = f(\alpha). \quad (1)$$

Für die Fernübertragung muss also diese Zeigerstellung abgetastet, übertragen und am Empfänger wieder in eine Zeigerstellung zurückverwandelt werden. Dies kann im Prinzip auf drei verschiedene Arten geschehen, wobei die nachstehend angeführten Vor- und Nachteile zu berücksichtigen sind:

1. *Fortlaufende Uebertragung = Momentanwertübertragung.* Diese Methode gibt allein ein genaues Bild über die Zustandsänderung des Messwertes, weil das Empfangsinstrument den Bewegungen des Geberinstrumentes fortlaufend folgt.

Dies bedingt, dass für jeden Messwert ein eigener Kanal zur Verfügung steht.

2. *Intermittierende Uebertragung = Absatzweise Uebertragung.* Hierbei wird ein gemeinsamer Kanal intermittierend den zu übertragenden Messwerten zugeordnet. Das Empfangsinstrument zeigt den Momentanwert der Messgrösse zur Zeit t_1, t_3 usw. an, während welcher der Kanal durchgeschaltet war. Was in der Zeit t_2, t_4 usw., wo der Kanal nicht zugeordnet ist, passiert, wird am Empfängerort nicht angezeigt.

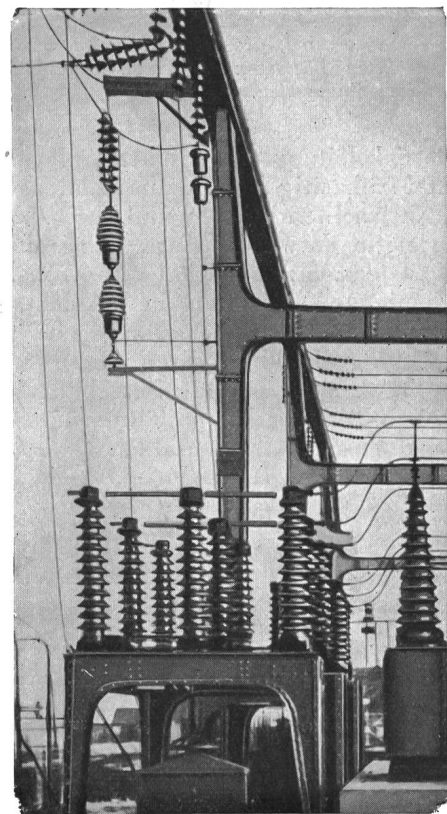


Fig. 3.
110-kV-Ankopplung (S & H)
mit Porzellankondensatoren und HF-Sperren.

3. *Integrierende Uebertragung = Mittelwertübertragung.* Diese Methode gibt ebenfalls kein richtiges Bild der momentanen Vorgänge, indem hierbei nur die Mittelwerte über einer bestimmten Integrationszeit angezeigt werden. Sie wird aber mit Vorteil für die Fernzählung angewendet.

Für die apparatetechnische Lösung haben sich folgende Verfahren herausgebildet:

1. *Momentanwertübertragung*: Entsprechend der Grösse des Messwertes α_t werden die Impulse (z) in kleinerer oder grösserer Dichte über die Leitung gesandt (*Impulsfrequenzmethode*).

$$z = f(\alpha_t) \quad (2)$$

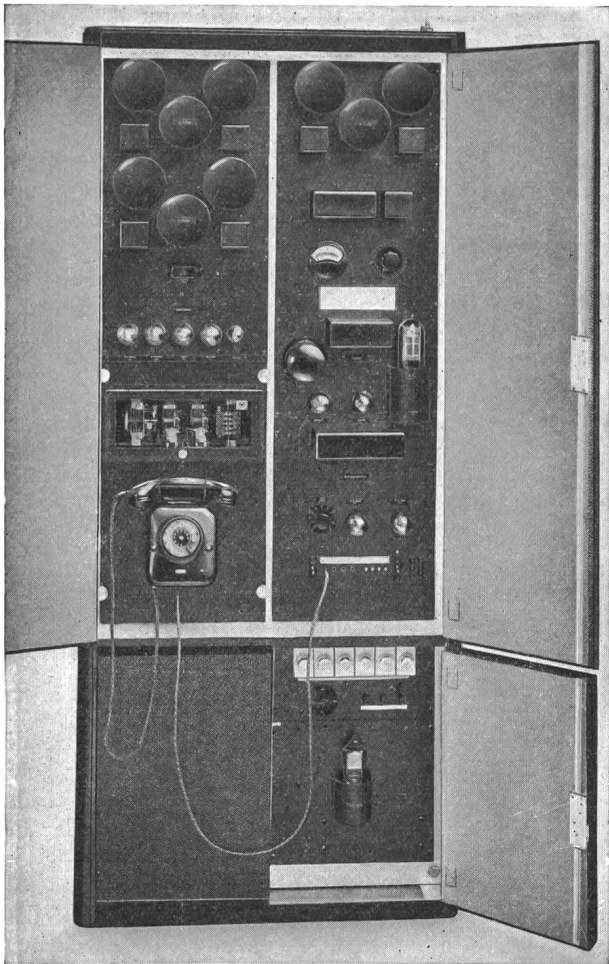


Fig. 4.
Hochfrequenzgerät (S & H)
für Netzanschluss und autom. Verkehr.

Am Empfangsort werden die ankommenden Impulse benützt, um über ein Umschaltrelais abwechselnd einen Kondensator zu laden und über ein ballistisches Galvanometer zu entladen (Fig. 5 a). Der

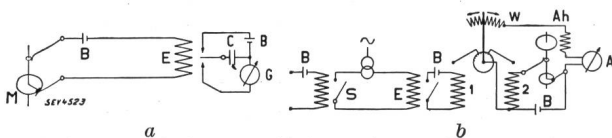


Fig. 5.

Impulsmethode: Impulszahl = $F(a)$.

a Impulsfrequenzmethode. b Impulskompensationsmethode.

M Messwertgeber.

B Batterie.

E Empfangsrelais.

C Kondensator.

G Galvanometer.

S Senderrelais.

1, 2 Impulsrelais.

W Kompensations-

widerstand.

Ah Kompensationszähler.

A Anzeigeinstrument.

Entladestrom (i) ist von der Impulszahl abhängig und damit auch der Empfangsausschlag α_2

$$i = f(z) \text{ und } \alpha_{2t} = f(i) \quad (3)$$

Im Geberinstrument wird für die Impulsgabe bei der Apparatur von Siemens & Halske ein Kollektor, wie er sich bei Zählern findet, verwendet, während

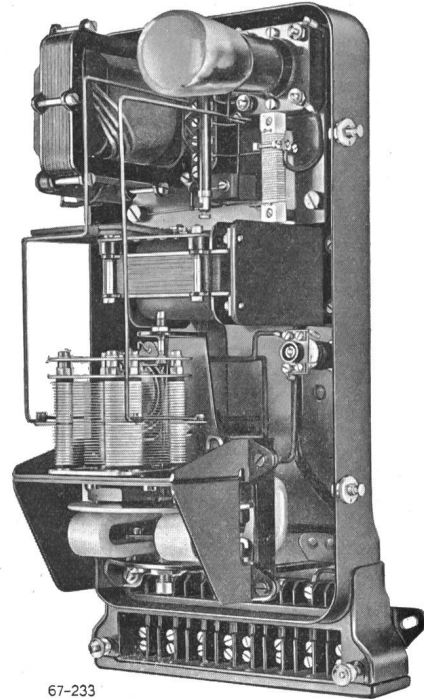


Fig. 6.
Messgeber (L & G).

Landis & Gyr mit einem rotierenden Drehkondensator die Gitterspannung einer Elektronenröhre beeinflusst und die so gesteuerten Anodenstromimpulse benützt. In Fig. 6 ist ein solcher Geber dargestellt.

Beim Kompensationsverfahren der AEG (Fig. 5 b) schalten die ankommenden Impulse über das

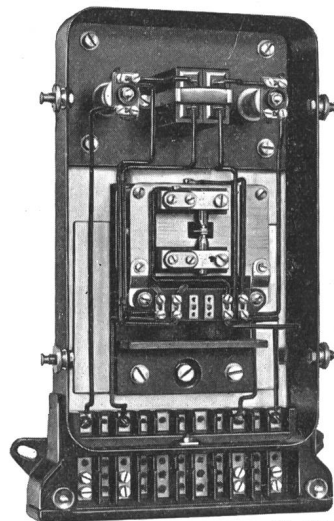


Fig. 7.
Senderrelais (L & G).

Relais (1) mit Klinke auf ein Zahnrad und verschieben eine Widerstandsbrücke im einen Drehsinn, wodurch ein Kompensationszähler (Ah) gesteuert wird, der über ein Relais (2) mit Klinke im entgegengesetzten Drehsinn solange auf die Brücke schaltet, bis Gleichgewicht herrscht, d. h. bis beide Impulszahlen gleich sind. Der Kompensationsstrom ist dann ein Mass für die Grösse des Messwertes.

Mit diesen Messverfahren können alle

Werte, die mit Zählern gemessen werden, wie Strom, Spannung, Wirk- und Blindleistung usw. übertragen werden. Sie haben ferner den Vorteil, von der Art der Uebertragungseinrichtung unabhängig zu sein, wie dies auf der Skizze für das Kompensationsverfahren dar-

gestellt ist. Es genügt hierzu, auf der Geber- und der Empfängerseite je ein Zwischenrelais (S) und (E) einzuschalten und so den Kanal abzutrennen.

Fig. 7 zeigt ein solches Zwischenrelais, wie es von Landis & Gyr als Senderrelais gebraucht wird. Ein besonderes Gewicht muss hierbei auf die Kontaktkonstruktion gelegt werden, damit diese den auftretenden Beanspruchungen gewachsen sind.

Unter die gleiche Rubrik der Momentanwertübertragung fällt auch das *Telewattverfahren*, bei welchem nach dem einen Herstellungsprinzip ein Widerstand in Potentiometerschaltung verstellt wird und der Ausgleichstrom über die Leitung durch das Empfangsinstrument fliesst. Nach dem andern System (Heliowattwerke Berlin) treibt der Geberzähler einen Generator, der ähnlich einem Ampère-stundenzähler gebaut ist und eine der Umdrehungszahl proportionale Meßspannung erzeugt, die dem Empfangsinstrument zugeleitet wird. Ferner gehört dazu das *ferrodynamische System* von Trüb-Täuber²⁾. Hierbei wird das eine, feste System von Geber und Empfänger durch die gleiche synchrone Spannungsquelle erregt, während der bewegliche Rahmen des Gebers durch den zu übertragenden Messwert in diesem Erregerfeld verstellt wird. Die darin erzeugte Spannung wird dem beweglichen Rahmen des Empfängers zugeführt, welcher dadurch die gleiche Winkellage wie der Geberrahmen annimmt.

Beide Verfahren benötigen eine durchgeschaltete Leitung, welche aber zugleich mit ihrer Charakteristik die Messung beeinflusst. Sie dürften daher für grössere Anlagen und speziell für die Uebertragung auf weite Distanzen ausser Betracht fallen.

2. *Absatzweise Uebertragung.* Hier wird die Zeigerstellung durch ein umlaufendes Organ am Geber direkt abgetastet und am Empfänger wieder reproduziert. Dazu muss dessen Winkelgeschwindigkeit an beiden Instrumenten gleich gross sein, damit in gleichen Zeiten gleiche Winkel durchfahren werden. Der Antrieb erfolgt daher im allgemeinen durch Synchronmotoren.

Die Grösse des Messwertes ist hier

$$M = f(\omega t) \quad (4)$$

Das Verfahren wird deshalb Impulszeitverfahren genannt. Es wird von der AEG und den Deutschen Telephonwerken (DTW) verwendet.

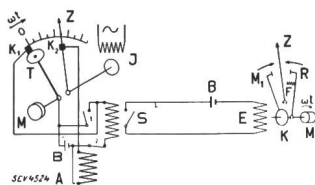


Fig. 8.

Impulszeitmethode:

$$\text{Impulslänge} = c_a = F(\omega t).$$

- I Tastorgan.
- M Motor.
- J Messwerk.
- Z Zeiger.
- K₁ Anfangskontakt.
- K₂ Endkontakt.
- A Halterelais.
- S Senderrelais.
- B Batterie.
- E Empfängerrelais.
- K Kupplung.
- M₁ Mitnehmer.
- R Rücknahmemitnehmer.
- F Feder.

Im Prinzip sind die Apparate nach Fig. 8 ausgeführt. Im Geber rollt das durch den Motor (M) gleichförmig angetriebene Tastorgan (T) über die

Skala. Am Nullpunkt wird ein Kontakt (K₁) geschlossen, wodurch ein Stromkreis über die Spule des Senderrelais (S) geschlossen wird, das seine Kontakte schliesst und sich über (I) hält. Dadurch beginnt die Aussendung des Impulses. Beim Ueberrollen des Zeigers schliesst (T) den Kontakt (K₂), wodurch ein weiterer Stromkreis über das Abfallrelais (A) geschlossen wird, dessen Kontakt (2) den Haltekreis des Senderrelais (S) unterbricht. Dieses fällt damit ab und beendet die Impulsgebung. Deren Dauer ist somit vollständig von der zurückgelegten Wegstrecke (ωt) des Tastorgans (T) abhängig.

Im Empfänger befindet sich ebenfalls ein umlaufendes Organ (M), das die gleiche Winkelgeschwindigkeit wie dasjenige des Gebers haben muss. Trifft ein Impuls auf das Empfängerrelais (E), so schliesst sich die elektromagnetische Kupplung (K) und der Mitnehmerhebel (M₁) bewegt sich aus der Null-Lage vorwärts, wobei er auf der letztkorrigierten Zeigerstellung auf den Schleppzeiger (Z) auftrifft und ihn mitnimmt. Am Ende der Impulsdauer bleibt (M₁) stehen und wird in dieser Stellung gebremst. Der Rücknahmemitnehmer (R) bewegt sich nun in entgegengesetzter Richtung, bis er ebenfalls auf (Z) auftrifft, worauf die beiden Mitnehmer abfallen und in die Ruhestellung gehen. (R) dient dazu, bei kleiner werdendem Messwert, d. h. wenn der Mitnehmer (M) den Zeiger am Ende des Impulsweges nicht mehr erreicht, diesen entsprechend rückwärts zu stellen bis er an (M) anliegt.

Während beim Impulsfrequenzverfahren die Korrektur der Zeigerstellung stetig erfolgt und nur von der Trägheit des Systems abhängig ist, so findet hier die Korrektur intermittierend, je nach der Periode des Umlaufens des Abtastorgans, alle 15 Sekunden bis einige Minuten statt.

Der Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass auch Werte, welche nicht durch eine Zählermessung, wohl aber durch eine Zeigerstellung charakterisiert sind, wie Drücke, Temperaturen, $\cos \varphi$ usw., übertragen werden können.

3. *Mittelwertübertragung.* Bei der Mittelwertübertragung zählt das Geberinstrument die zu messende Grösse während einer bestimmten Zeit und sendet dann den Integralwert über den Uebertragungskanal. Am Empfänger werden dabei nur diese Teilintegralwerte angezeigt, während alle dazwischenliegenden Betriebsvorfälle nicht einbezogen werden.

Das Verfahren eignet sich infolge dieser Beschränkung hauptsächlich für Fernzähleinrichtungen. Von Landis & Gyr wird es auch in Verbindung mit Maxigraphen ausgeführt, welche bei kleiner Registrierdauer einen guten Ueberblick über den zeitlichen Verlauf überall da geben, wo eine Momentanwertkurve nicht nötig ist.

Für alle drei Methoden ist der Umstand wichtig, dass sich Summen und Differenzen der fernübertragenen Messwerte ohne grosse Schwierigkeiten bilden lassen³⁾.

²⁾ A. Täuber, Bull. SEV 1930, S. 144.

³⁾ W. Janicki, Bull. SEV 1930, S. 117.

Als Beispiel für die Anwendungsmöglichkeiten sei in Fig. 9 eine einfachere Anlage dargestellt. Ein Werk beziehe seine Energie von dritter Seite, in den beiden Unterwerken M und W, wobei das Unterwerk W mit einer Spitzenanlage D ausgerüstet sei. Der Fremdenergiebezug darf nun zu gewissen Zeiten eine bestimmte Grösse nicht überschreiten. Deshalb ist es nötig, den in M gemessenen Bezug nach W zu übertragen, dort zu summieren und zu

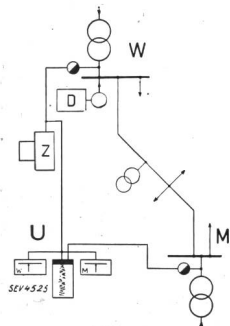


Fig. 9.

Prinzipschema einer Summenmessung (L u. G.).
 W, M Unterwerke für Energiebezug.
 D Spitzenanlage.
 Z Summenzähler mit Maxigraph.
 U Ueberwachungsstelle mit Momentanwertübertragung.

Grundlast liegende Energie wird dann nach einem speziellen Tarif berechnet. Am Summenzähler Z ist somit noch die Differenz zwischen der Summen-

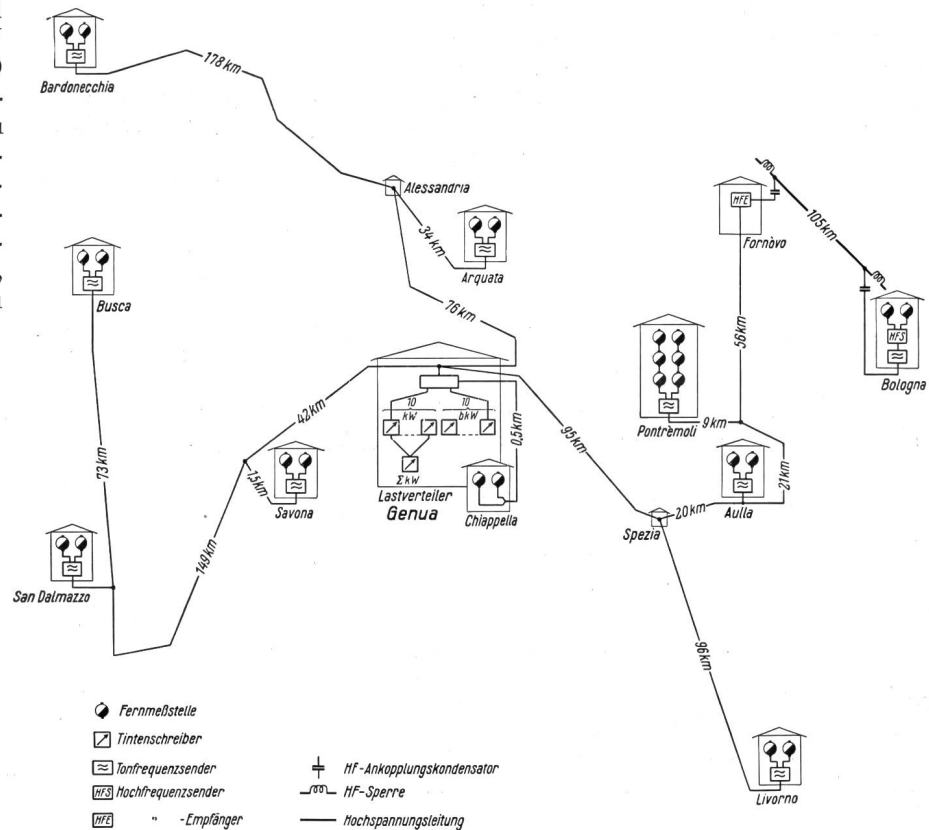


Fig. 10.

Prinzipschema einer Lastverteileranlage (S & H)
 mit Uebertragung durch Fernkabel und Hochfrequenz.



Fig. 11.

Vergleichsmessung (S & H).

a Mit normalem Tintenschreiber am Sendeort aufgenommen.
 b Fernübertragener Messwert mit Registrierempfänger aufgenommen.

zählen. An Stelle des Einsatzes der Spitzenmaschine kann aber auch der Fremdenergiebezug erweitert werden. Die über der fest eingestellten

arbeit und der Grundarbeit zu bilden. Damit der in U befindliche Betriebsleiter über den Zustand fortlaufend orientiert ist, wird die momentane Belastung einzeln in U angezeigt und die Summenkurve aufgezeichnet. In Fig. 10 ist ein grosses ausländisches Netz dargestellt, aus dem die vielgestaltigen Anwendungsmöglichkeiten klar ersichtlich sind. Fig. 11 zeigt die Genauigkeit, mit welcher diese Uebertragungen stattfinden. Zwischen der Original-

nalkurve des an den Messwandlern angeschlossenen Instrumentes und den übertragenen Kurven findet sich keine grosse Differenz; es macht sich lediglich

die Trägheit der Uebertragung im Wegfall der kleinen Schwankungen geltend.

2. Die Fernbetätigung.

Der Zweck einer Fernbetätigungsanlage besteht darin, über eine möglichst geringe Zahl von Verbindungsleitungen eine möglichst grosse Anzahl von Befehlen auszusenden und Rückmeldungen zu empfangen. Ihrem Aufbau nach lassen sich die hierzu verwendeten Apparaturen nach Fig. 12 in zwei Grundprinzipien einteilen, die wiederum in verschiedene Untergruppen zerfallen.

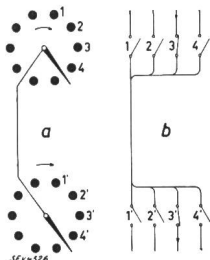


Fig. 12.

Prinzip der Fernsteuerungsschaltung.
a Drehscheibenprinzip.
b Weichenprinzip.

1. **Das Drehscheibenprinzip.** Hier wird durch ein umlaufendes Organ in Geber und Sender die Verbindungsleitung dem auszuführenden Befehl oder der

abzugebenden Rückmeldung zur Verfügung gestellt. Für die Ausführung sind folgende Differenzen möglich:

- a) Das Umlauforgan rotiert ständig, der Befehl wird beim Ueberstreichen der zugehörigen Kontakte abgegeben.
- b) Das Umlauforgan macht eine Umdrehung aus einer bestimmten Nullage auf einen Befehlsanreiz, und übermittelt den Befehl beim Ueberstreichen der zugehörigen Kontakte.
- c) Das Umlauforgan stellt sich auf den Befehlsanreiz auf die betreffenden Kontakte und der Befehl kann erteilt werden. Nach Ausführung des Befehls bleibt das Organ beim einen System bis zu einem neuen Anreiz stehen; beim andern System geht es auf die Nullage zurück.

Das Verfahren verlangt einen genauen Synchronismus der Arme, damit immer die zugeordneten Kontakte 1-1', 2-2', 3-3' usw. gleichzeitig durch die Arme überstrichen werden. Die Uebereinstimmung kann auch durch das «Start-Stop»-Verfahren erreicht werden, wobei ein Schaltarm nur auf die nächste Stellung übergehen kann, wenn der Gegenarm die gleiche Stellung erreicht hat.

Für die Verbindung zwischen Geber und Empfänger sind an Leitungen nötig:

1. Verbindung für Synchronschaltung.
2. » » Befehlsgebung.
3. » » Rückmeldung.

Hierzu gehört noch die gemeinsame Rückleitung. Das Bestreben der Konstrukteure geht naturgemäss darauf aus, die Anzahl dieser nötigen Leitungen möglichst zu reduzieren, um das betr. System für die praktische Anwendung immer universeller zu gestalten.

Ein interessantes Beispiel hierfür bietet das System der Chr. Gfeller A.-G.⁴⁾, welches durch die Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) verwertet wird. In Fig. 13 ist dasselbe im Zusammenhang mit einer Fernmesseinrichtung dargestellt. Hier werden alle

Funktionen der Synchronhaltung, Befehlsgebung und Rückmeldung über eine einzige Schleife vorgenommen. Das geschieht dadurch, dass die Umlauforgane innert gewissen Schrittstellungen frei rotieren und auf diesen Kontrollstellen nach dem «Start-Stop»-System neu synchronisiert werden. Die Zwischenstellungen können entweder für die Befehlsgebung oder die Rückmeldung verwendet werden.

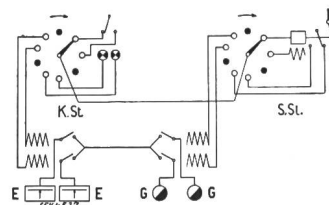


Fig. 13.

Schaltung der Fernsteuerung Gfeller/MFO.

K St Kommandostation.
S St Schaltstation.
G Messgeber.
E Messempfänger.
K Kommandoschalter.
F S Ferngesteuerter Schalter.

Soll eine Fernmessung damit verbunden werden, so kann durch eine entsprechende Befehlsgebung die Fernmessader auf die gewollten Instrumente eingeschaltet werden.

Das neue System von Brown Boveri arbeitet auf ähnlichen Grundlagen. Der Unterschied besteht darin, dass hier zu jedem Schrittwechsel ein Impuls über die Leitung gesandt wird. Die Synchronhaltung wird dadurch erzwungen, dass z. B. die Impulse für alle ungeraden Schritte von der Kommandostation, die Impulse für alle geraden Schritte vom Unterwerk aus gegeben werden.

Damit gleichzeitig Signale übertragen werden können, werden entweder gerichtete Impulse verwendet (Gleichstromübertragungskanal) oder es werden Impulspausen (Wechselstromübertragungskanal) eingeschaltet, wodurch das Fortschalten der Wähler momentan aufgehoben wird und in dieser Zeit durch entsprechende Kombinationsrelais die gewünschten Signale erzeugt werden können. In Fig. 14 ist die erste Ausführungsart dargestellt. Es

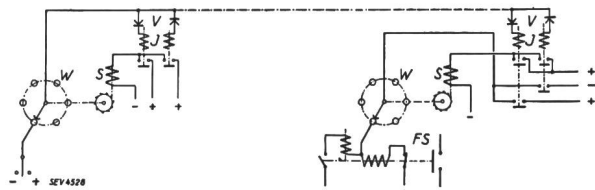


Fig. 14.

Schaltung einer Fernsteuerung mit polarisierten Impulsen (BBC).

K St Kommandostation.
S St Schaltstation.
W Schrittwähler.
S Schaltmagnet.
J Impulsrelais.
V Ventilzelle für Impulsrichtung.
K Kommandoschalter.
F S Ferngesteuerter Schalter.

ist daraus ersichtlich, wie die Fortschaltimpulse wechselseitig gegeben und zugleich mit kleinen Ventilzellen auf ihre Polarität untersucht werden.

2. **Das Weichenprinzip.** Hier wird die Verbindungsleitung nach Art von Gleisweichen (Fig. 12) so geschaltet, dass immer zugeordnete Punkte (z. B. 3-3') miteinander verbunden werden.

Das geschieht dadurch, dass vom Geber aus eine Anzahl Impulse nach dem Empfänger gesandt wer-

⁴⁾ BKW, Fernsteuerungs- und Rückmeldeanlage unter Benützung des Staatstelephons. Bull. SEV 1931, S. 333.

den, welche dort die gewünschten Stromkreise vorbereiten, so dass nachher der Schaltbefehl oder die Rückmeldung ausgesandt werden können. Damit keine Fehlschaltungen möglich sind, wird zur Steuerung z. B. eine Impulsfolge verwendet, die sich immer mit Komplementärzahlen zu einer vorbestimmten Anzahl ergänzen muss. Ein anderes System verwendet eine Schaltung, bei der die empfangene Anzahl Impulse zurückgemeldet werden muss, bevor die Stromkreise für Betätigung und Meldung geschlossen werden können. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, so kommt keine Kommandogebung zustande.

Bei beiden Prinzipien sind die gegen Fehlschaltungen und Falschmeldungen getroffenen Schutzschaltungen weitgehend ausgebaut, deren ausführliche Beschreibung nicht in den Rahmen dieses Ueberblickes gehört; es sei daher auf die eingehende

Entwicklung die Technik der automatischen Telephonie grundlegend war. Als Konstruktionselemente findet man denn auch überall das wohlbekannte Wählerschrittschaltwerk und das Telephonkipprelais. Auch die getroffenen Schaltungen lehnen sich stark an diejenigen der Automatentechnik an, besonders für die Systeme, welche auf dem Weichenprinzip beruhen. Hier handelt es sich ja ebenfalls um eine Nummernselektion wie bei der Abonentenwahl im Telephonamt.

In Fig. 15 ist Vorder- und Rückseite einer Fernsteuerungsapparatur dargestellt. Im Relaischrank sind oben rechts die 2 Schrittschaltwerke ersichtlich mit den links daran angeordneten Relais, welche die zentrale Bewegung überwachen. Darunter befinden sich die den einzelnen Steuerschaltern zugeordneten Relais.

3. Die Uebertragungsmittel.

Als erstes Uebertragungsmittel steht der Draht zur Verfügung, sei es als Aderpaar mit den Stromverteilungskabeln verlegt, als Telephonleitung oder auf dem Hochspannungsgestänge verlegt. Dabei bedingen die mit Hochspannungsleitungen zusammen verlaufenden Leitungen eine umfangreiche Schutzapparatur gegen Induktionsströme und Potentialverlagerungen bei Störungen. Bei reinen Telephonadern genügt die Zwischenschaltung von Schutzübertragern, d. h. kleinen Transformatoren mit getrennten Wicklungen. Für solche Anlagen scheiden somit alle Systeme für Fernmessung und Fernbetätigung, welche mit fliessendem Gleichstrom arbeiten, aus. Nur diejenigen Systeme, welche mit Stromstössen oder Wechselströmen arbeiten, sind verwendbar.

Als weiteres Uebertragungsmittel dient die auf Hochspannungsleitungen aufgekoppelte Hochfrequenz, ein Verfahren, das bereits seit Jahren für die Werks-Telephonie verwendet wird. Da die Kondensatoren, welche für die Ankoppelung der Geräte dienen, bei höheren Spannungen sehr kostspielig sind, ist man zu deren Vielfachausnützung geschritten; so ist es bis heute gelungen, vier Frequenzen störungsfrei über den gleichen Kondensator zu senden.

Diese Uebertragungsmittel erfordern allgemein einen grossen Aufwand und daher ergab sich auch hier das Problem der Vielfachausnützung der gegebenen Uebertragungskanäle. Die dafür angewendeten Verfahren arbeiten ebenfalls entweder nach dem in Fig. 12 dargestellten Drehscheiben- oder dem Weichenprinzip.

Zum ersten gehören die sogenannten *Verteilersysteme*. Hier wird durch synchronlaufende Verteiler der Uebertragungskanal jedem Fernmesskreis, bzw. der Fernsteuerung für eine gewisse Zeit zugeschaltet. Diese Methode eignet sich somit nur für das Impulszeitverfahren der Fernmessung und ein absatzweise arbeitendes Fernsteuersystem nach dem Weichenprinzip. Das Weiterschalten des Verteilers geschieht auf Anreiz. Dabei lassen sich noch unterscheiden:

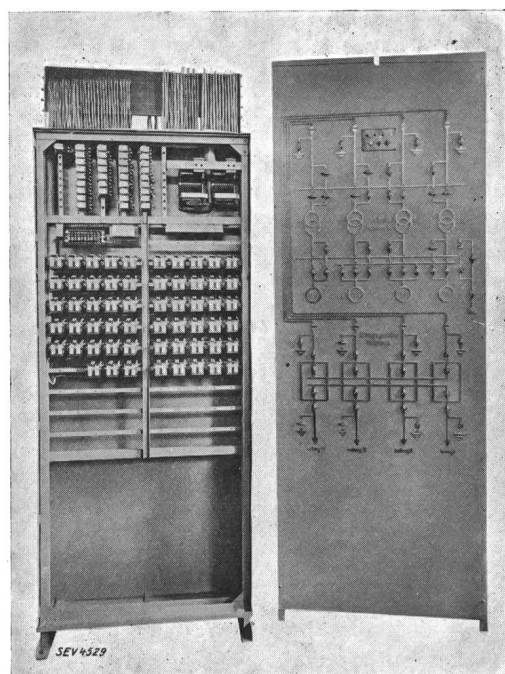


Fig. 15.

Relaischrank und Steuerschema (Gfeller/MFO).

Fachliteratur⁵⁾ verwiesen. Es mag nur noch erwähnt werden, dass selbstverständlich alle Systeme mit einer Speichereinrichtung versehen sein müssen, damit alle während eines Arbeitsvorganges eintreffenden Meldungen sofort nach Freigabe der Apparatur am Empfänger angezeigt werden. Vielfach bewirken solche Meldungen auch eine Sperrung für den im Senden begriffenen Befehl, damit der Betriebsleiter vor dessen Ausführung dem geänderten Zustand Rechnung tragen kann.

Aus der Charakterisierung der verschiedenen Fernsteuerungsmethoden ergibt sich, dass für deren

⁵⁾ Schleicher: Die elektrische Fernüberwachung und Fernbedienung, Springer 1932. Stäblein: Die Technik der Fernwirkanlagen, Oldenbourg 1934 (siehe Besprechung im Bull. SEV 1935, Nr. 3, S. 86).

- a) die langsamlaufenden Verteiler mit einer Periode von 30 Sekunden und mehr. Damit können in 5 Minuten z. B. 10 verschiedene Werte übertragen werden. Die erhaltenen Kurven sind dabei nicht etwa Mittelwerte, sondern bestehen aus den alle 5 Minuten gemessenen Momentanwerten;

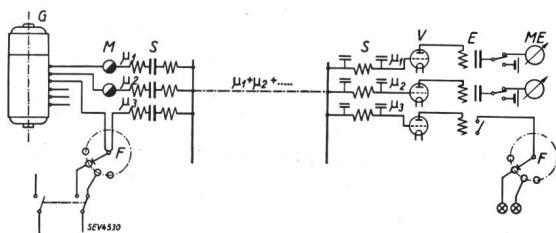


Fig. 16.

Prinzip der Kanalvielfachung mit Tonfrequenz (S & H).

G Tonfrequenzgenerator. V Verstärker.
M Messwertgeber. E Empfangsrelais.
F Fernsteuerungs- und ME Messempfänger.
Rückmeldeapparat. μ_1, μ_2 Tonfrequenzen.
S Siebkreise.

- b) die raschlaufenden Verteiler mit einer Periode von ca. $1/100$ Sekunde und weniger. Der Impuls verteilt sich dabei auf mehrere sukzessive Zuschaltungen. Die hierfür verlangte äusserst genaue Synchronisierung ergibt eine reichlich komplizierte Apparatur.

Nach dem Weichenprinzip arbeitet das *Unterlagerungssystem*. Hier werden in gleicher Weise wie bei der Mehrfachtelegraphie Frequenzen im Bereich der hörbaren Töne erzeugt. Diese Tonfrequenzen dienen dann als Kanal für die Uebertragung von Messwerten oder Fernsteuerimpulsen. Da diese Frequenzen kontinuierlich sind, lassen sich alle

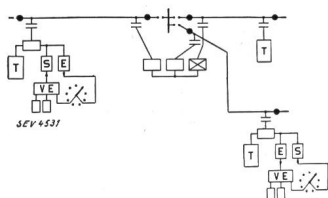


Fig. 17.

Schema einer kombinierten Fernüberwachungsanlage.

T HF-Telephoniegerät.
S HF-Meßsender.
E HF-Messempfänger.
VE Vielfacheinrichtung.

bekannten Fernmess- und Betätigungssysteme damit übertragen. In Fig. 16 ist die prinzipielle Schaltung für eine solche Einrichtung dargestellt. Im Generator G werden die Tonfrequenzströme erzeugt, durch die einzelnen Meßsender getastet und über

Siebketten auf eine gemeinsame Sammelschiene geleitet. Am Empfangsort werden sie in gleicher Weise ausgetrennt, verstärkt und den Messempfängern zugeleitet.

Diese Methoden lassen sich auch ohne weiteres für die Uebertragung mit Hochfrequenz verwenden. So ist in Fig. 17 eine kombinierte Anlage für Hochfrequenztelephonie, Fernmessung und Fernsteuerung dargestellt. Diese arbeitet mit 4 Wellen, von denen zwei zur Telephonie im Wechselsprechverkehr dienen, während eine dritte direkt getastet, d. h. zur Impulsgabe benützt wird und zur Befehlsgabe dient. Die vierte Welle muss mit einer Vielfacheinrichtung versehen sein, um die Rückmeldungen sowie die Fernmesswerte zu übertragen.

Mit Hilfe dieser neuen Entwicklung ist es gelungen, die Betriebsleitung ganzer Netze auf sogenannte Lastverteileranlagen zu konzentrieren, die, wie Fig. 18 zeigt, in ihrer letzten Vollendung mit Leuchtschaltbildern, Lichtpeilinstrumenten und anderen Annehmlichkeiten ausgestaltet werden.

Am Schlusse dieser kurzen Zusammenstellung bleibt dem Verfasser noch die angenehme Pflicht, den verschiedenen Firmen, welche sich auf diesem Gebiete betätigen, für die freundliche Förderung der Arbeit zu danken. Da es sich nur um eine Zu-

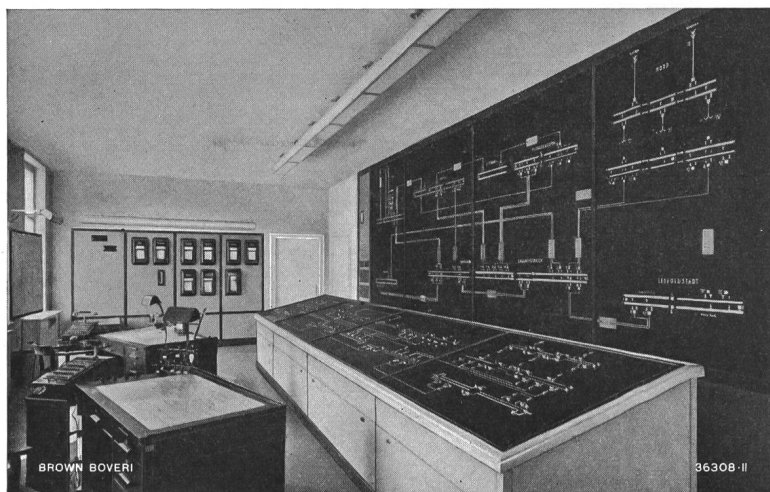


Fig. 18.

Lastverteileranlage für 2 Kraftwerke und 7 Unterwerke (BBC),
vorn Kommandopult, dahinter Rückmeldeschema mit Lichtpeilinstrumenten
seitl. Fernmessregistrierinstrumente.

sammenstellung der Grundlagen handeln konnte, so musste aus dem zur Verfügung stehenden reichen Material versucht werden, eine Auswahl des Typischen zu treffen, ohne dass alle Fabrikate besprochen oder abgebildet werden konnten.