

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

Artikel: Gesichtspunkte für die Wahl von Fernwirkeinrichtungen
Autor: Lardelli, O.A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060063>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:
Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des
Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

ADMINISTRATION:
Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telephone 5 17 42
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXXII. Jahrgang

N^o 26

Mittwoch, 31. Dezember 1941

Fernmessen, Fernsteuern, Fernregulieren.

Bericht über die Diskussionsversammlung des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins vom 14. Dezember 1940 in Zürich.

Der SEV behandelte am 14. Dezember 1940 unter dem Vorsitz seines Präsidenten, Herrn Dr. h. c. M. Schiesser, in einer grossen Diskussionsversammlung das weitreichende Gebiet der Fernwirktechnik. Wir veröffentlichen im folgenden die gehaltenen Referate und die Diskussion.

Au cours d'une grande assemblée de discussion, qui s'est tenue le 14 décembre 1940 sous la présidence de M. M. Schiesser, l'ASE s'est occupée du vaste domaine de la télémesure, de la télécommande et du télé réglage. Nous publions ci-après les rapports présentés et la discussion qui suivit.

Gesichtspunkte für die Wahl von Fernwirkeinrichtungen.

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 14. Dezember 1940 in Zürich,
von O. A. Lardelli, Baden.

621.398.2

Les dispositifs de télécommunication ont atteint un degré de développement considérable. On les choisit de préférence à tout autre appareil tant en raison de leurs qualités techniques que du nombre toujours croissant de possibilités d'utilisation.

La sécurité de fonctionnement des télécommandes est étudiée de très près tandis que les divers modes de couplage employés sont comparés à l'aide de grandeurs caractéristiques. Les couplages conçus sur le principe de la combinaison sont particulièrement avantageux et permettent un fonctionnement rapide.

Les appareils construits selon les points de vue exposés sont différenciés les uns des autres suivant le genre du canal utilisé pour la transmission. Une solution intéressante consiste en la combinaison de divers conducteurs d'une ligne de transmission.

A la suite d'un bref exposé des dispositifs de télémessure connus et des tâches que le télé réglage doit remplir, l'auteur montre enfin que la distance ne pose non seulement un problème de transmission, mais encore qu'elle augmente par principe les difficultés du réglage.

Aufgabe und Abgrenzung.

Das Fernwirkproblem ist aus der Starkstromtechnik geboren worden. Die Zeit liegt ungefähr 15 Jahre zurück, da die gesteigerten Anforderungen, welche die ständig wachsenden Netzbetriebe in ihre technische und ökonomische Führung stellen, den Einsatz besonderer Mittel zur strafferen, einheitlicheren Zusammenfassung aller betriebswichtigen Punkte notwendig gemacht haben. Einerseits hat man sich bestrebt, der für den Betrieb verantwortlichen Stelle einen besseren Ueberblick über die für sie wichtigen Verhältnisse im Netze zu verschaffen, als dies durch die gewöhnliche telephonische Nachricht möglich ist. Andererseits sind auch recht bald die bedeutenden Vorteile erkannt worden, welche in der Möglichkeit eines unmittelbaren Eingriffes an den wesentlichen Netzpunkten von einer entfernten Stelle aus liegen. Es hat sich gezeigt, dass selbst bei weitgehend automatisierten Anlageteilen die wichtigsten Schalthandlungen dem freien Willen der zentralen Kommandostelle unterzuordnen sind. Ja gerade in der zweckmässig geplanten und ausgeführten Synthese von Automatik und Fernwirktechnik liegt bekanntlich der Kern einer modernen, rationellen Betriebsführung.

Diese, den Bedürfnissen der Starkstromtechnik entsprungenen Aufgaben müssen aus einleuchtenden Gründen durch die Mittel der Nachrichtentechnik gelöst werden. Man hat nämlich sehr bald erkannt, dass die Eigenart der im allgemeinen zur Verfügung stehenden Uebertragungswege die Anwendung der bekannten und erprobten örtlichen Mess-, Steuer- und Regulierschaltungen unmöglich machen. Nicht nur ist dabei mit Rücksicht auf die gewöhnlich sehr beträchtliche Uebertragungsdistanz die wirtschaftliche Forderung nach Einsparung von Leitungen massgebend, sondern auch Fragen der Nachrichtenenergie, der Sicherheit und gegenseitigen Beeinflussung sowie der funktionellen Kopplung der verschiedenen Stromkreise spielen eine wesentliche Rolle. Bei allen messtechnisch zu erfassenden Nachrichten wird ausserdem in mannigfacher Weise von den durch die Messtechnik gegebenen Möglichkeiten Gebrauch gemacht.

Aus der innigen Verschmelzung dieser drei Gebiete entstand die Fernwirktechnik. Von sämtlichen enthält sie Wesentliches, aus der Starkstromtechnik die Einrichtungen zur Betriebsführung, einschliesslich der Regulierung veränderlicher Grössen, aus der Messtechnik die Apparate zur Erfassung und Umwandlung von Zustands- und

Strömungsgrößen, sowie aus der Nachrichtentechnik die Mittel zur sicheren und raschen Uebertragung von Fernwirknachrichten stetigen oder impulsweisen Charakters, selbst über weiteste Distanzen.

Es ist üblich geworden, das Gesamtgebiet der sogenannten Fernwirkanlagen in die drei Gebiete Fernsteuerungen, Fernmessungen und Fernregelungen einzuteilen, wobei diese Gebiete sich vielfach durchsetzen und in ihren Lösungen voneinander abhängig sind. In neuerer Zeit hat sich jedoch aus dem Gebiete der Fernsteuerungen ein Zweig abgesondert und verselbständigt, dessen Aufgaben nicht aus der Technik der Betriebsführung von Hochspannungsanlagen entstammen, sondern hauptsächlich durch das Problem der Bewirtschaftung grösserer Wohngemeinden mit elektrischer Energie gegeben worden sind. Er umfasst jene Einrichtungen zur Fernsteuerung, welche durch das Fehlen von Rückmeldevorrichtungen gekennzeichnet sind. Dabei kann es also der Kommandostelle nicht darauf ankommen, einen absolut zuverlässigen Ueberblick über den Schaltzustand der ferngesteuerten Organe zu besitzen. Der Verzicht auf die Rückmeldung entspringt hier viel mehr der Notwendigkeit einer sehr einfachen und daher billigen Ausführung jener in grosser Zahl innerhalb eines Gebietes verteilt vorhandener gesteuerter Organe. Es handelt sich bekanntlich um die Einrichtungen zur zentralen Fernsteuerung von Tarifschaltern, Speichereinrichtungen, Beleuchtungsstromkreise sowie Alarmeinrichtungen und ähnliches mehr.

Selbst diese, wie auch die andern Fernbedienungseinrichtungen haben heute im grossen und ganzen einen gewissen Standard erreicht und sich vielfach bewährt. Man weiss, dass mit entsprechendem Aufwand jede fernwirktechnische Aufgabe lösbar ist und die auf dem Markte vorliegenden Apparaturen in wirtschaftlich vertretbarer Weise die hauptsächlichsten Probleme meistern. Immerhin erscheint die Feststellung interessant, dass Fernwirkeinrichtungen noch nicht in dem Masse zur Verbesserung und Verbilligung der Betriebe herangezogen worden sind, wie dies ihrer Bedeutung entsprechen würde. Ohne Zweifel wird ihre Verbreitung rasch zunehmen, um so mehr, als heute alle Mittel sorgfältig auf ihre Verwendungsfähigkeit geprüft werden, die in der Lage sind, den Energiehaushalt zu verbessern.

Die Frage nach den Gesichtspunkten für die Wahl von Fernwirkeinrichtungen muss verschieden beantwortet werden, je nach der Stelle, von welcher sie ausgesprochen wird. Im allgemeinen denkt man dabei natürlich zuerst an die Anwendungen und an die Bedürfnisse dessen, der diese Apparaturen in Gebrauch nimmt. Hierbei tritt die Diskussion über die speziellen Lösungsformen der technischen Ausgestaltung in den Hintergrund. Der Betriebsfachmann verlangt absolute Meldesicherheit sowie Sicherheit dafür, dass äussere und innere Störungen nicht zu fehlerhaften Schalthandlungen führen können. Dieses angesprochene

Sicherheitsbedürfnis entspringt dem hohen Verantwortungsbewusstsein für Leben und Gut der Allgemeinheit, welches für diesen Zweig der Technik, insbesondere das Gebiet der öffentlichen und privaten Versorgungsbetriebe, charakteristisch ist. Dies ist ein wesentliches Merkmal des Unterschiedes gegenüber der gewöhnlichen Nachrichtentechnik.

Betrachten wir zur kurzen Orientierung über die Möglichkeiten, welche der Einsatz der Fernwirktechnik uns bietet, das hochspannungsseitige Anlageschema Fig. 1 eines angenommenen Elektrizitätsversorgungsunternehmens. Das mit dicken Strichen angedeutete Hochspannungs-Speisenetz und das dünner angelegte Hochspannungs-Verteilnetz verbinden die Erzeugungsstellen mit den Energieverteilungsstellen. Die kleineren Vierecke seien Unterwerke einer Bahnanlage, welche nicht über ein rein bahneigenes Kraftwerk verfügt.

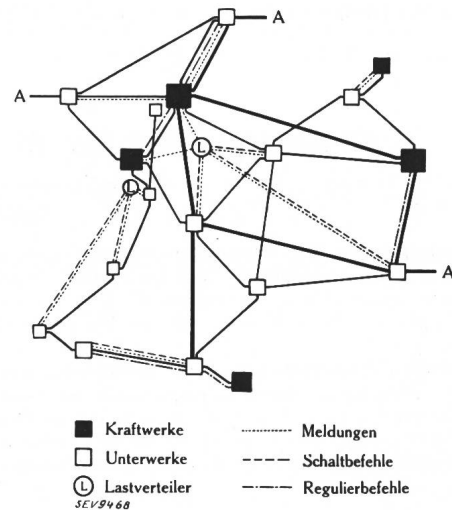


Fig. 1.

Elektrizitäts-Versorgungsbetrieb mit fernwirktechnischen Einflusslinien.

Zwei wesentliche Aufgaben des Netzbetriebes sind zu lösen. Einerseits diejenige der wirtschaftlichen Bereitstellung der Energie und zweckmässigen Haushaltung mit den Reserven, andererseits die Sicherung der Energiequalität durch Regelung von Spannung, Frequenz und durch Verhinderung, bzw. rascheste Behebung von Betriebsstörungen. Nehmen wir an, das Unternehmen habe sich zur Errichtung einer zentralen Lastverteilerstelle (L) entschlossen, so wird man ihr natürlich wesentliche Kompetenzen zum fernsteuerermässigen Eingriff übergeben. Zwei Einflussrichtungen sind bezüglich der fernwirktechnischen Einrichtung zu unterscheiden. Erstens die nach dem Lastverteiler gerichtete, welche der Uebermittlung aller für die Betriebsführung wichtiger Nachrichten dient. Darunter gehören Schaltzustandsmeldungen, Spannungs- und Belastungsangaben, und zwar nicht nur der Belastung der Maschinen, sondern beispielsweise auch der Kabelleitungen, Transformatoren, Austauschstellen (A), Angaben über hydraulische Reserven sowie eventl. Störungsmeldungen. Zweitens ist davon zu unterscheiden die vom Lastverteiler weggerichtete Ein-

flussrichtung, welche der Uebermittlung der Auswertungsergebnisse der vorher erwähnten Nachrichten dient. Abgesehen von den gewöhnlichen Schalthandlungen sind hier besonders die Reguliereingriffe und alle Sofortmassnahmen, die bei Störungen wichtig sind, zu erwähnen. Zu diesen beiden Einflussnetzen kommt oft noch ein drittes, nämlich dasjenige der automatischen Fernregelung hinzu, welches je nach der Regelaufgabe den Lastverteiler nicht zu berühren braucht. Kleinere Bahnanlagen verfügen oft nicht über bahneigene Werke und stellen daher für den Netzbetrieb reine Verbraucher dar. Werden jedoch hier und da Kraftwerke gemeinschaftlich betrieben, so erhalten Probleme der Lenkung der gemeinsam erzeugten Energie oft besondere Bedeutung und lassen vereinzelt die Verwendung fernwirktechnischer Einrichtungen interessant werden. Bekanntlich sind noch eine ganze Reihe weiterer, nicht immer mit grossen Entfernungen zusammenhängende Probleme ebenfalls geeignet zu fernwirktechnischer Behandlung.

Diese kurze Uebersicht kann die den Fernwirk-einrichtungen gestellten Aufgaben nur kurz be-rühren. Es ist im Rahmen dieser Betrachtung un-möglich, auf alle dabei auftauchenden Fragen näher einzugehen. Trotz der Vielzahl der vor-handenen Lösungsmöglichkeiten ist es immerhin erstaunlich, dass gewisse Teilfragen über die zweck-mässigste Ausgestaltung fernwirktechnischer Ein-richtungen auch heute noch nicht restlos abgeklärt worden sind. Auf dem Gebiete der Fernsteuerungen mag dies darin seinen Grund haben, dass eine für den Praktiker brauchbare Schaltungstheorie noch nicht existiert, welche ermöglichen würde, alle die vielgestaltigen Fragen der Fernsteuerschal-tungen in einfacher Weise aufzuzeigen. Andererseits ist das weiter unten gestreifte Gebiet der Fern-regulierungen in seiner Entwicklung noch nicht abgeschlossen; insbesondere fehlen für die Be-urteilung der getroffenen Massnahmen ausgedehnte Versuchsergebnisse. Bevor wir jedoch etwas näher auf den vorherigen Punkt eingehen, wollen wir für das betrachtete Teilgebiet einen kleinen Ueberblick geben, welcher ermöglichen soll, das in Frage stehende Problem klar zu erfassen.

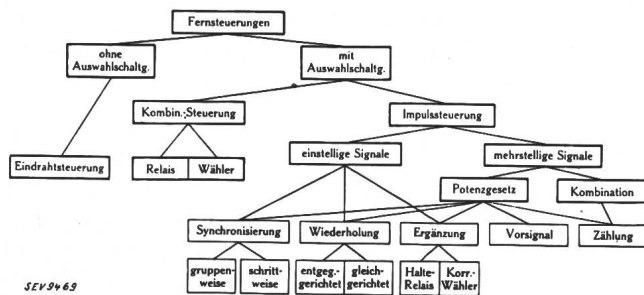


Fig. 2.

Stammbaum der Fernsteuer- und Fernmeldeschaltungen.

Wie Fig. 2 zeigt, wird das Gebiet der Fernsteuerungen zweckmässig eingeteilt nach Art und Weise, wie die einzelnen Geräte die zwischen Kommando-station und Fernstation befindlichen Leitungsadern

ausnutzen. Wir unterscheiden hier im wesentlichen drei Gruppen. Die erste Gruppe, genannt Ein-drahsteuerungen, benützt für jedes gesteuerte Organ eine besondere Ader, wobei zur ganzen Einrichtung einige, d. h. mindestens zwei gemein-schaftliche Adern hinzukommen. Die zweite Gruppe, die Fernsteuerungen mit Kombination der Uebertragungsadern, benützt für die Uebertragung der verschiedenen Signale eine beschränkte Zahl von Adern, welche durch geeignete Zusammen-fassung zu verschiedenen Stromkreisen eine erhöhte Ausnutzung gestatten sollen. Die dritte Gruppe ist diejenige der Impulssteuerungen, welche bekant-lich für die Uebertragung einer beliebig grossen Signalzahl eine einzige Aderschleife benötigen.

Auswahl und Sicherstellung.

Da es bei Beschränkung auf eine einzige Strom-art unmöglich ist, unterschiedliche Zeichen gleich-zeitig über ein und denselben Stromkreis zu senden, sind alle zu den Gruppen 2 und 3 gehörenden Fern-steuereinrichtungen genötigt, unterschiedliche Zei-chen zeitlich nacheinander zu übertragen. Dies geschieht durch die Anwendung sog. Auswahl-schaltungen, welche zusammengehörige Stromkreise jeweils nacheinander über die Fernleitung mitein-ander zu verbinden gestatten. Selbstverständlich erfordert der Ablauf solcher Schaltvorgänge beson-dere Massnahmen zur Sicherstellung der Nach-richtenübermittlung. Wie aus Fig. 2 hervor-geht, sind im wesentlichen drei Verfahren der Sicherstellung bekannt. Es sind dies das Ver-fahren der Zeichenwiederholung, wobei gelegentlich die Wiederholung zwecks Ausschaltung systema-tischer Fehler nach dem Spiegelbild-Prinzip vorgenommen wird, dann das Verfahren der Ergänzung einer für das Signal charakteristischen Zahl von Impulsen auf eine konstante Gesamtzahl von Uebertragungsimpulsen und drittens das Ver-fahren mit Vorsignal, welches die Sicherstellung der Nachrichtenübertragung aus dem Vergleich dieses Vorsignales mit dem nachfolgenden Haupt-signal ableitet. In der Regel ist es nötig, dass die verwendeten Auswahl-Einrichtungen beidseitig, d. h. sowohl auf der Kommandostation wie der Fernstation in genauem Synchronismus die zu-sammengehörenden Stromkreise abtasten, wobei einzelne Systeme diese Synchronisierung allein als Sicherstellungsmassnahme benutzen. Aus der Verknüpfung einer der nachstehend zu beschreiben-den Auswahl-schaltungen mit irgend einem dieser Sicherstellungsprinzipien, ergibt sich eine sehr grosse Anzahl Lösungen, wobei es sich lohnt, die Frage zu überlegen, welches Auswahl-Prinzip und welche Sicherstellungsmassnahme in ihrer Verknüpfung zur zweckmässigsten Fernsteuerschaltung führen können.

Fig. 3 zeigt die grundsätzliche Anordnung einer Fernsteuereinrichtung mit einfacher Umschaltung der Uebertragungsleitung. Dies ist so zu ver-stehen, dass die ständig oder fallweise umlaufen-den Wähler auf einer bestimmten Stellung *i* je-weils den Kommandoschalter *K_i* direkt oder mittel-

bar mit dem zugeordneten individuellen Steuerrelais Z_i über die beiden Fernleitungen a und b verbinden, wobei durch Anziehen des Relais Z_i der individuelle Schaltstromkreis i in der Regel nur kurzzeitig geschlossen wird. Einrichtungen nach diesem Auswahlverfahren haben eine grosse Anwendung gefunden, weisen jedoch den wesentlichen Nachteil einer beachtlichen Langsamkeit auf.

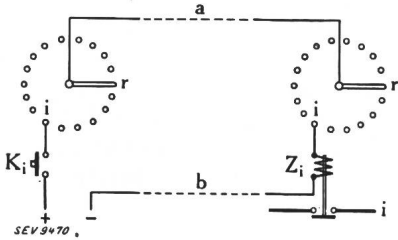


Fig. 3.
Grundsätzliche Anordnung einer Fernsteuereinrichtung mit einfacher Umschaltung der Uebertragungsleitung

Fig. 4 zeigt im Gegensatz dazu die grundsätzliche Anordnung einer Fernsteuer-Einrichtung mit mehrstelligem Auswahlzeichen. Darunter wird die Tatsache verstanden, dass jede Nachricht nicht wie vorhin durch Schliessen eines einzigen Stromkreises vermittelt wird, sondern dass zu ihrem Zustandekommen eine Mehrzahl von Auswahlzeichen übertragen worden sein muss. Zur Erregung des individuellen Stromkreises $i + k$ ist, wie aus Fig. 4 erkannt werden kann, das gleichzeitige Vorliegen zweier Schaltbedingungen, nämlich das Angezogensein der beiden Relais Z_i u. Z_k notwendig. Das Auswahlzeichen ist hier also zweistellig und wird erregt durch einen Kommandoschalter K_{i+k} , welcher zwei irgendwie gelegene Wählerstellungen i und k anspeist. In diesen beiden Bildern ist nur der wesentliche Teil des Zustandekommens eines individuellen Stromkreises gezeigt, nicht aber alle die mehr oder weniger umfangreichen Schaltungsteile, welche beispielsweise bei ruhendem Wähler seinen

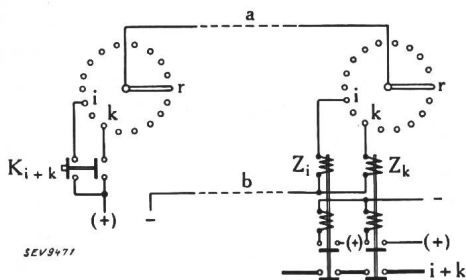


Fig. 4.

Grundsätzliche Anordnung einer Fernsteuereinrichtung mit mehrstelligem Auswahlzeichen.

Anlauf bewirken, die Auswahl sicherstellen und am Schlusse der Uebertragung sämtliche zentrale Teile der Fernsteuerschaltung wieder in ihre Ruhestellung zurückführen. Die beiden gezeigten Schaltungen sind insofern grundsätzlicher Art, als sie die beiden möglichen Grundformen jeder Wählerfernsteuerung mit Benutzung von nur zwei Uebertragungsadern darstellen. Die über die Leitung gesandten Impulsreihen unterscheiden sich jedoch voneinander, wie dies schon oben angedeutet wurde, durch die besondere Gestaltung der Auswahlschaltung sowie der verwendeten Sicher-

stellungsmassnahmen. Fig. 5 zeigt einige der möglichen Impulsfolgen, wobei sich a) auf das Sicherstellungsprinzip der Signalwiederholung, b) auf dasjenige der Wiederholung nach dem Spiegelbild-Prinzip, c) auf dasjenige der Ergänzung und d) auf eine hauptsächlich bei den Einrichtungen mit einfacher Umschaltung nach Fig 3 verwendete Sicherstellungsmassnahme mit schrittweise wech-

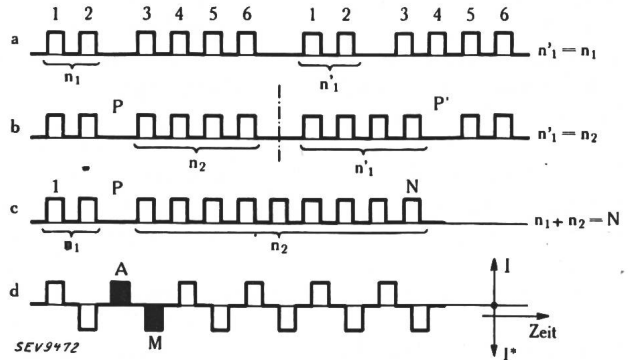


Fig. 5.

Verschiedene Sicherstellungsmassnahmen mit zugehörigen Impulsdiagrammen.

- I, I^* Impulsströme der beiden Energierichtungen.
- P, P' Auswahlpausen. A Auswahlimpuls. M Meldeimpuls.
- a Sicherstellung durch Wiederholung.
- b Spiegelbildliche Wiederholung.
- c Sicherstellung durch Ergänzung.
- d Schrittweise Sicherstellung.

selnder Fortschaltung der beiden Fernsteuerwähler bezieht.

Zur Beurteilung der Sicherstellungsmassnahmen muss auf die prinzipielle Idee hingewiesen werden, welche ihnen zugrunde liegt. Fig. 6 veranschaulicht sie. Es ist eine irgendwie geartete Impulsfolge vorausgesetzt, durch welche beispielsweise ein zweistelliges Signal 1,5 übertragen werden soll. Die Auswahl der einzelnen Ziffern geschieht in der Regel durch Einfügung einer Pause unmittelbar nach demjenigen auch der Fortschaltung

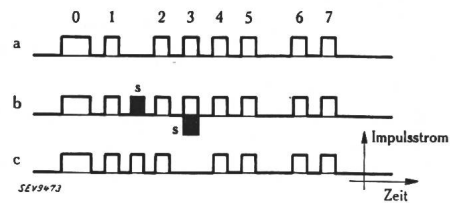


Fig. 6.

Darstellung des unwahrscheinlichen Falles einer Auswahl-fälschung.

- a Ungestörtes Auswahlsignal (1,5). b Störimpulse (s)
- c Gefälschtes Auswahlsignal (3,5).

dienenden Impuls, welcher die gewünschte Ziffer trägt. In Fig. 6 wird also das Signal 1,5 ausgewählt durch eine Pause hinter den mit 1 und 5 gekennzeichneten Impulsen. Wenn nun durch irgend einen Zufall ausgerechnet in die Pause der Ziffer 1 ein Störimpuls fällt und der ausserordentlich unwahrscheinliche Fall kurz darauf eintritt, dass ein weiterer Fortschaltimpuls, hier der Impuls 3, durch einen entgegengesetzt gerichteten Stromstoss ausgelöscht wird, dann tritt diejenige Störung ein, gegen die man sich bei fast allen auf dem Markte befindlichen Apparaturen nicht schützt. Be-

achten wir die ausserordentlichen Forderungen, welche für das Zustandekommen einer solchen Störung notwendig sind, so erkennt man ohne weiteres, dass eine solche Störung praktisch ausgeschlossen ist. Ich glaube sagen zu dürfen, dass diese Ueberlegung durch die praktischen Erfahrungen sämtlicher mit Fernsteuerungen beschäftigter Firmen bestätigt wird. In allen andern Fällen, bei welchen die Störimpulse die übertragene Nachricht in abweichender Weise befallen, sprechen die Sicherheitseinrichtungen vollkommen zuverlässig an.

Bei mehrstelligen Auswahlzeichen hat man die Möglichkeit, die Auswahlgeschwindigkeit erheblich zu steigern und damit die Gesamtzeit für die Uebertragung eines Fernsteuerbefehles oder einer Rückmeldung wesentlich abzukürzen. Wie allge-

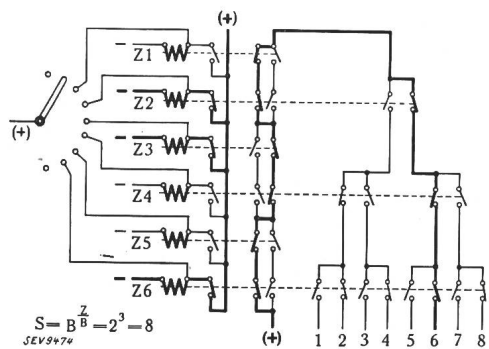


Fig. 7.

Dreistellige, gesicherte Auswahl-schaltung nach dem Potenzgesetz mit der Basis 2 (Dualschaltung).
 Z Auswahlelemente (Wählerstellungen).
 S Gesamtzahl Stromkreise (Signale).

mein bekannt ist, unterscheidet man Auswahl-schaltungen nach dem Potenzgesetz und nach dem Kombinationsgesetz. Fig. 7 zeigt eine dreistellige Auswahl-schaltung nach dem Potenzgesetz mit der Basis 2. Man erkennt aus dem Schaltungsaufbau, dass es notwendig ist, für jede Stelle ein Zustimmungs- oder Ablehnungskriterium festzuhalten, um die Auswahl sicherzustellen. Es sind deshalb bei dieser Schaltung für jede Stelle so viele Relais

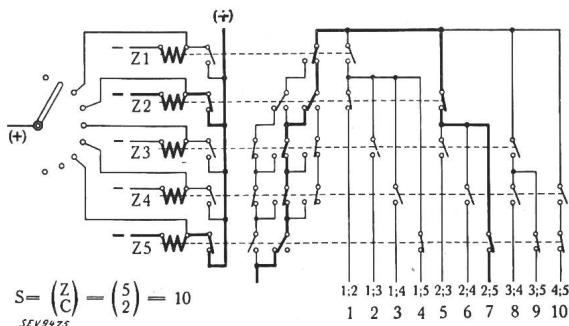


Fig. 8.

Zweistellige, durch eine Zähl-schaltung gesicherte Auswahl-schaltung nach dem Kombinationsgesetz, mit natürlicher Kontaktfolge.

nötig, als der Basiszahl entspricht. Fig. 8 zeigt demgegenüber das Beispiel einer Auswahl-schaltung nach dem Gesetz einer Kombination zur zweiten Klasse mit natürlicher Kontaktfolge. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber der vorherigen Schaltung besteht darin, dass hier die Auswahl-

elemente voneinander vollständig unabhängig sind, da ja bei sämtlichen übertragenen Signalen jeweils immer nur eine ganz bestimmte, der Klassen-zahl entsprechende Anzahl von ihnen anziehen muss. Eine sogenannte auf dem Bild dargestellte Zähl-schaltung ist in der Lage, diese Kontrolle für jedes Signal vorzunehmen.

Vergleich der Auswahl-schaltungen.

Angesichts dieser Schaltungen ergibt sich die Frage, welche von ihnen zur Lösung des Auswahl-problems wohl die geeignetere sei. Man wird bestrebt sein, Rechengrössen zu definieren, welche diese Schaltungen in zutreffender Weise zu charakterisieren gestatten. Der Vergleich erfolgt natürlich unter Berücksichtigung erstens der gesamten her-gestellten Zahl der Stromkreise (Signale), zweitens der Anzahl für diese Auswahl insgesamt nötigen Fernimpulse und drittens des Kontaktaufwandes der Schaltung.

Wir definieren¹⁾ als «relative Auswahlgeschwindigkeit» das Verhältnis der insgesamt herstellbaren Stromkreise zur Zahl der dazu notwendigen Auswahlimpulse. Beispielsweise sind für die Herstellung der 10 Stromkreise von Fig. 8 fünf Fernimpulse nötig, denn es müssen natürlich durch den Fern-leitungsumschalter, in unserem Fall ein Wähler, stets sämtliche fünf Auswahlstellungen nacheinander überstrichen werden. Diese Auswahl-geschwindigkeit, welche der Schaltungsbeurteilung dienen soll, kann natürlich nicht auf die Tatsache Rücksicht nehmen, dass die Impuls-geschwindigkeit auf der Leitung verschieden gross sein kann. Wie man weiss, verlangt das sogenannte «Zeit-gesetz der Nachrichtentechnik» für die einwand-freie Uebertragung eines Impulses eine Minimal-zeit, welche aus der Bandbreite des Uebertragungs-kanals bestimmt werden kann und ihr umgekehrt proportional ist. Da wir jedoch verschiedene Schaltungen miteinander vergleichen wollen, dürfen wir in allen Vergleichs-fällen dieselbe Impuls-geschwindigkeit voraussetzen.

Die Erhöhung der Auswahlgeschwindigkeit durch obige Auswahl-schaltungen bringt aber auch Nachteile mit sich, insofern als mit zunehmender Stellenzahl die Anzahl Kontakte jedes Auswahl-elementes eine Vermehrung erfährt. Um dieser Vermehrung des Sachaufwandes Rechnung zu tra-gen, empfiehlt sich die Einführung einer weiteren Kenngrösse, die wir als «relativen Kontaktaufwand» bezeichnen wollen. Damit ist das Verhältnis zwischen der gesamten Kontaktzahl der Schaltung zur Zahl sämtlicher herstellbarer Signalstromkreise zu verstehen. Diese beiden Kenngrössen sind auf ein-fache Weise zu berechnen. Das Resultat dieser Rechnung haben wir bezüglich der Potenzschal-tung in Fig. 9 festgehalten. Man erkennt daraus, dass mit zunehmender Basiszahl der Kontaktauf-wand, wie man weiss, erheblich sinkt, während andererseits, nicht wie man gewöhnlich annimmt, die Basis 2, sondern eine Schaltung der Basis 3

¹⁾ Nach einem Vorschlag von Herrn O. Plechl, Wien.

die grösste Auswahlgeschwindigkeit aufweist. Fig. 10 zeigt dieselben Kenngrössen, gerechnet für die Auswahlstellungen nach dem Kombinationsgesetz. Bemerkenswert gegenüber Fig. 9 ist die Tatsache, dass der Kontaktaufwand dieser Schaltungen bei kleinen Signalzahlen beträchtlich über demjenigen der Potenzschaltung liegt.

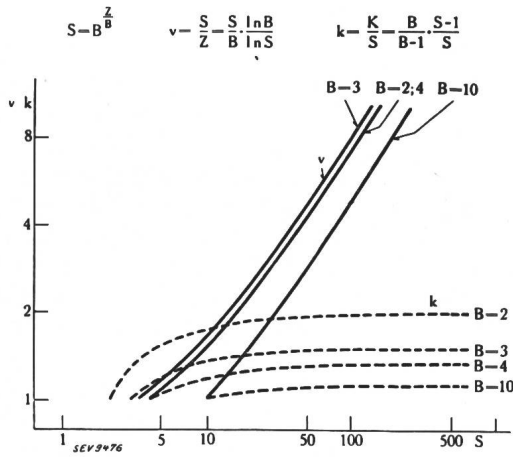


Fig. 9.

Auswahlgeschwindigkeit und Kontaktaufwand von Schaltungen nach dem Potenzgesetz.

S Anzahl Stromkreise (Signale). Z Anzahl Wählerstellungen. K Gesamtzahl Schaltkontakte. B Basis des Potenzgesetzes. v Auswahlgeschwindigkeit. k Kontaktaufwand.

Man könnte nun versucht sein, das Verhältnis von Auswahlgeschwindigkeit zu Kontaktaufwand als Mass der Wirtschaftlichkeit einer Auswahlstellung anzunehmen. Dies ist jedoch aus dem Grunde unzweckmässig, weil, wie man aus der Figur erkennt, die Auswahlgeschwindigkeit in viel zu hohem Masse von der Signalzahl abhängt und mit dieser unbegrenzt anwächst. Man wird deshalb bestrebt

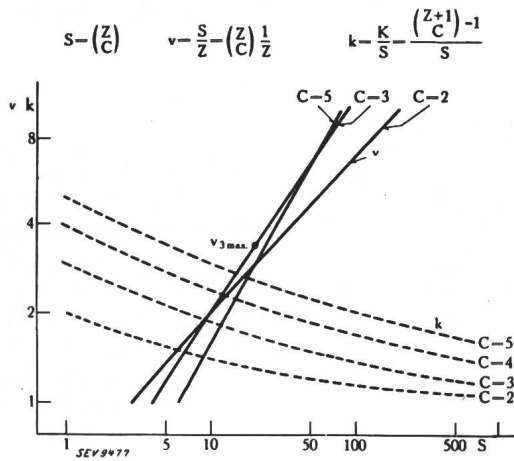


Fig. 10.

Auswahlgeschwindigkeit und Kontaktaufwand von Schaltungen nach dem Kombinationsgesetz.

S Anzahl Stromkreise (Signale). Z Anzahl Wählerstellungen. K Gesamtzahl Schaltkontakte. C Kombinationsklasse. v Auswahlgeschwindigkeit. k Kontaktaufwand.

sein, eine bessere Kenngrösse zur Charakterisierung der Auswahlgeschwindigkeit einer Schaltung einzuführen. Dies kann in einfacher Weise dadurch geschehen, dass die Auswahlgeschwindigkeit einer bestimmten Schaltung bezogen wird auf die mit

gleicher Elementzahl maximal überhaupt erreichbare Auswahlgeschwindigkeit. Es ist zweckmässig, hierfür die Auswahlgeschwindigkeit der unkontrollierten Dualschaltung zu verwenden, welche bekanntlich das absolute Maximum darstellt. Als «numerischen Wirkungsgrad» der Schaltung bezeichnen wir nun das Verhältnis der vorherigen

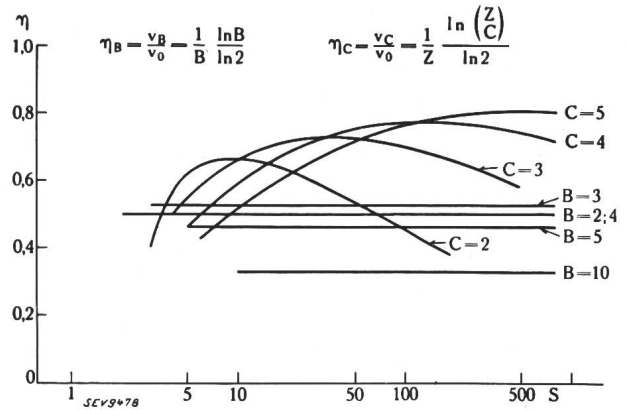


Fig. 11.

Wirkungsgrad von Schaltungen nach dem Potenz- und Kombinationsgesetz.

B Basis des Potenzgesetzes. C Kombinationsklasse. v Auswahlgeschwindigkeit. η Wirkungsgrad.

Auswahlgeschwindigkeit zur Geschwindigkeit der unkontrollierten Dualschaltung. Wir haben das Resultat dieser Berechnung in Fig. 11 festgehalten, woraus ersichtlich ist, dass jede praktische Kombinationsschaltung schneller ist als eine entsprechende Potenzschaltung. Dieses Resultat mag vielleicht überraschend sein, ist jedoch durchaus zutreffend.

Um nun eine auch den Sachaufwand berücksichtigende Kennzahl zu erhalten, bilden wir das Verhältnis des oben definierten Wirkungsgrades zum relativen Kontaktbedarf und bezeichnen diese neue Kennziffer als «Wirtschaftlichkeit» von Auswahlstellungen. Der Verlauf dieser Kennziffer in Abhängigkeit der Signalzahl ist in Fig. 12 dar-

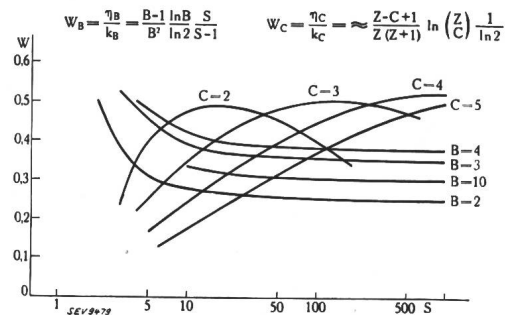


Fig. 12.

Wirtschaftlichkeit von Schaltungen nach dem Potenz- und Kombinationsgesetz.

B Basis des Potenzgesetzes. C Kombinationsklasse. k Kontaktaufwand. W Wirtschaftlichkeit.

gestellt. Auch hier zeigt sich wieder, dass die Kombinationsschaltungen beträchtlich wirtschaftlicher sind als die Potenzschaltungen und gleichzeitig ergibt sich das interessante Resultat, dass die mit der Basis 4 die wirtschaftlichste ist und die

bekannte Dualschaltung ziemlich schlecht dasteht. Ich bin allerdings hier den Beweis schuldig geblieben, dass der ganze übrige Aufwand der Fernsteuerschaltung als nahezu proportional mit dem Aufwand der reinen Auswahlerschaltung betrachtet werden kann. Auf die genauere, im übrigen jedoch einfache Rechnung einzugehen, würde den Rahmen dieses Beitrages überschreiten.

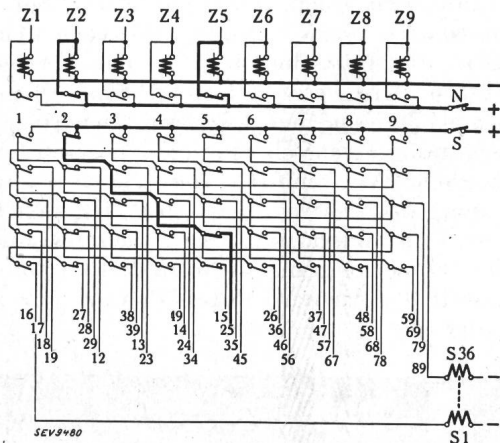


Fig. 13.

Auswahlerschaltung nach dem Kombinationsgesetz. Kombination von 9 Elementen zur zweiten Klasse mit zyklischer Vertauschung der Stromkreise.

Ausser diesen durch Kennziffern feststellbaren Vorteilen besitzen die Kombinationsschaltungen, wie aus Fig. 13 hervorgeht, noch den praktisch sehr wichtigen Vorteil, dass durch zyklische Vertauschung der Kontakte eine gleichmässige Belastung der Auswahlrelais erreicht werden kann, ein Vorteil, welcher nur bei ganz speziellen Potenzschaltungen möglich ist.

Fernsteuereinrichtungen.

Brown Boveri hat die Konsequenzen aus diesen theoretischen Ueberlegungen gezogen und seiner mehrstelligen Impulsfernsteuerung (JK - System)

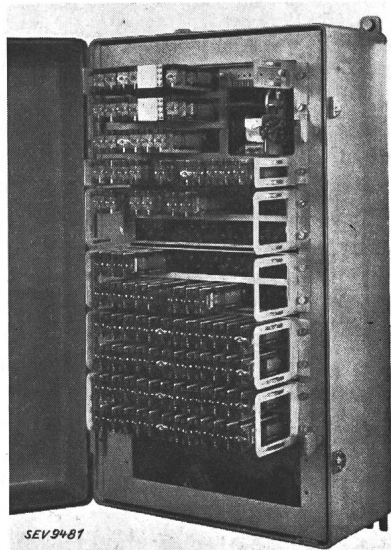


Fig. 14.

Wählergerät einer JK-Fernsteuerung für max. 11 Doppel-Steuermeldesignale.

das Kombinationsgesetz zugrunde gelegt. Dabei hat man dieses sehr rasche Auswahlprinzip zwecks Vervielfachung der Signalzahl noch mit Alternativmerkmalen versehen. Beispielsweise werden die Kennzeichen «Ein» und «Aus» durch besondere, ausserhalb der Kombinationsimpulse liegende Zeichen übertragen, wodurch die Signalzahl gegenüber den durch die Kombinationen gegebenen

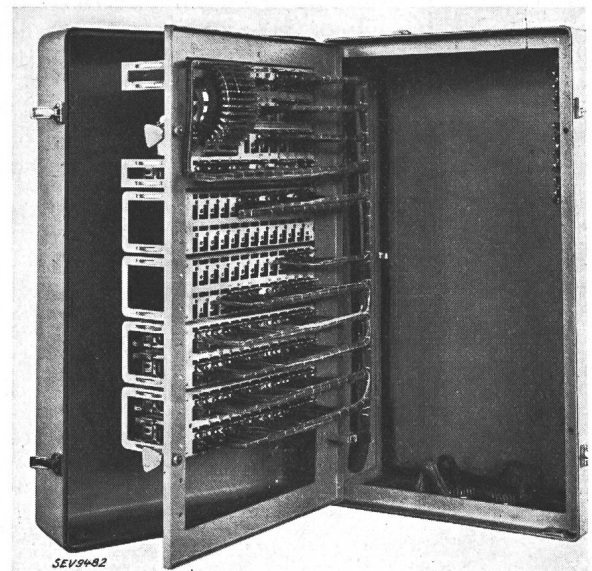


Fig. 15.

Wählergerät nach Fig. 14, mit herausgedrehtem Relaisrahmen.

Möglichkeiten verdoppelt wird. Dies ist mit Rücksicht auf die konstruktiven Eigenschaften der Schaltgeräte oft zweckmässiger, als die Erhöhung auf dem Wege einer Vermehrung der Kombinationselemente oder der Kombinationsklasse zu bewirken. Nach obigen Gesichtspunkten aufgebaute Fernsteuereinrichtungen sind in folgenden Bildern dargestellt: Fig. 14 zeigt ein halboffenes Wählergerät, bei welchen Wähler, Relais und Zubehör

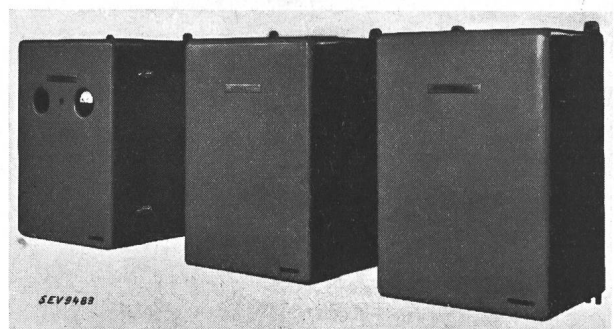


Fig. 16.

Wähler-, Filter- und Netzanschlussgerät der Kommandostation einer JK-Fernsteuerung.

auf einheitliche Chassis montiert und in einheitliche, vollkommen dichte Gehäuse eingebaut werden. Fig. 15 zeigt das gleiche Gerät in offenem Zustande und veranschaulicht die ausgezeichnete Zugänglichkeit zu sämtlichen Bauelementen, was bei Ausbaurbeiten, nachträglichen Aenderungen entsprechend Sonderwünschen oder bei den peri-

odisch erforderlichen Revisionen von grosser Bedeutung ist. Fig. 16 zeigt sämtliche Geräte einer Fernsteuerstation. Es handelt sich dabei um eine Anlage, welche über eine sehr grosse Distanz arbeiten muss und welche demzufolge besondere Mittel zur bestmöglichen Ausnutzung des Uebertragungskanal aufweist. Im mittleren Gerät sind Filter-Einrichtungen untergebracht, welche gestatten, über dieselbe Fernleitung noch zwei weitere Impulskanäle zu betreiben. Das äusserste Gerät enthält die Netzanschluss-Einrichtungen sowie Oszilla-

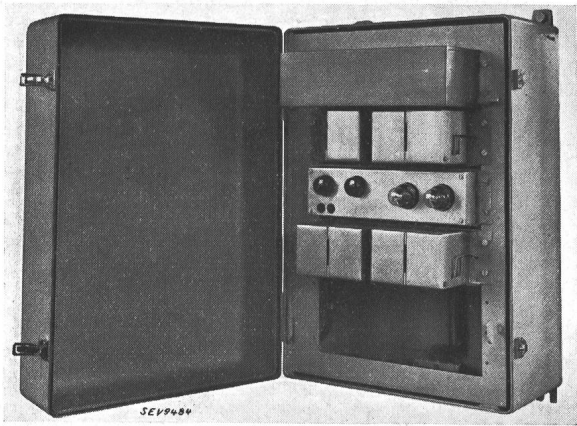


Fig. 17.
Filtergerät der Fig. 16, geöffnet.

toren zur Erzeugung der tonfrequenten Impulsströme. Es ist natürlich wichtig, dass bei solchen mehrteiligen Fernwirk-Anlagen der Bezeichnung der verschiedenen Stromkreise, sowie ihrer Zusammenschaltung mit aussenliegenden Anlagenteilen besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird. Um weitläufige Montagearbeiten an Ort und Stelle möglichst zu vermeiden, scheint uns die hier verwendete, steckbare Ausführung der äusseren Verbindungsleitungen empfehlenswert zu sein.

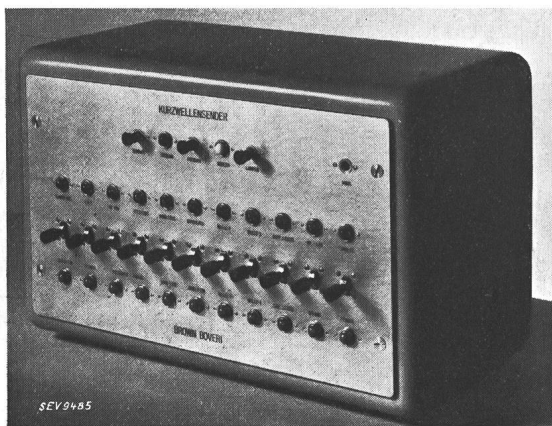


Fig. 18.
Kommandogerät der JK-Fernsteuereinrichtung nach Fig. 16.

Fig. 17 gestattet noch einen Blick in das Innere des vorhin genannten Filtergerätes. Bei dieser Anlage war die Aufgabe gestellt worden, sämtliche Fernsteuerschalter und Rückmeldeeinrichtungen auf möglichst engem Platz und dennoch übersichtlich zusammenzubauen. Wie diese Aufgabe mit

Einzelteilen der Schwachstromtechnik gelöst worden ist, zeigt Fig. 18.

Die oben bezüglich der Auswahlhaltungen gemachten Ueberlegungen galten unter der Voraussetzung der Verwendung von Impulsströmen gleicher Art. Man kann sich die Frage stellen, ob die Verwendung verschiedenwertiger Impulse besondere Vorteile bringt. Auch diese Frage lässt sich rechnerisch lösen. Es zeigt sich dabei, dass die alternative Verwendung von verschiedenen Impulsen die Wirtschaftlichkeit der Fernsteuerhaltungen nicht wesentlich hebt. Eine Ausnahme hievon macht die bei kürzeren Uebertragungsdistanzen und galvanisch durchgeschalteten Leitungen mögliche Verwendung von Gleichstrom. Bei Ausnutzung der beiden Polaritäten lässt sich unter gewissen Umständen die Auswahlgeschwindigkeit um 20 ... 30 % steigern, auch deshalb schon ein wenig, weil die Auswahl durch Pausen hier nicht notwendig ist.

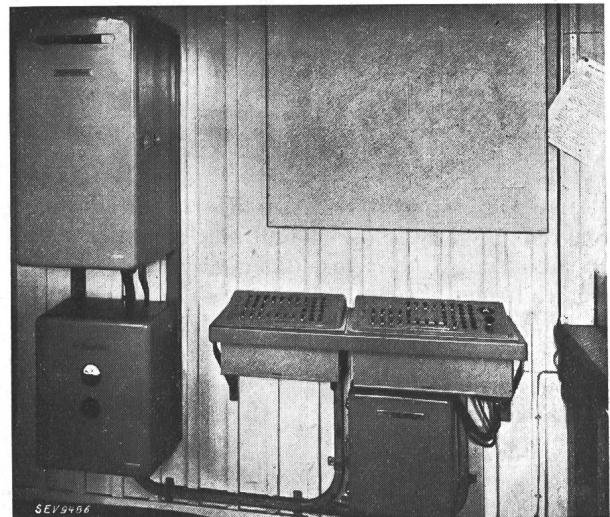


Fig. 19.
Kommandostation einer EJ-Fernsteuerung mit Kommando-, Wähler- und Netzanschlussgerät.

Dieser Vorteil ist in der sogenannten «Einfachimpuls-Fernsteuerung» (EJ-System) ausgenutzt worden, welche nach dem Prinzip der einfachen Umschaltung der Fernsteuerleitung aufgebaut ist. Die Sicherstellung des synchronen Laufes der beiden verwendeten Wähler wird durch deren sinnreiche gegenseitige Fortschaltung erreicht. Es muss nur dafür gesorgt werden, dass der jeweils folgende Impuls nicht gesendet werden kann, ehe der vorher eingegangene nicht nur den Wähler weiter gedreht hat, sondern auch noch das gewünschte Signal richtig übertragen worden ist. Der von der Fernstation kommende Impuls ist dabei Träger der Rückmeldung eines vollzogenen Kommandos und kann zur weiteren Kontrolle verwendet werden in der Weise, dass der folgende Steuerimpuls nicht herausgelassen wird, bevor diese Kontrolle stimmt. Dieses System eignet sich für Fernsteueranlagen mit nicht allzugrosser Signalzahl, und also unter der Voraussetzung, dass ein Gleichstromübertragungskanal zur Verfügung steht.

Fig. 19 zeigt eine solche Anlage mit übersichtlicher Anordnung der Befehlseinrichtungen, Fig. 20 die zugehörige Fernstation, welche noch von weiteren Kommandostellen aus fernbedient werden kann. Aus diesem Grunde sind auf dem Bilde mehrere Wählergeräte nebeneinander sichtbar, wobei jedes derselben einer besondern Kommandostelle

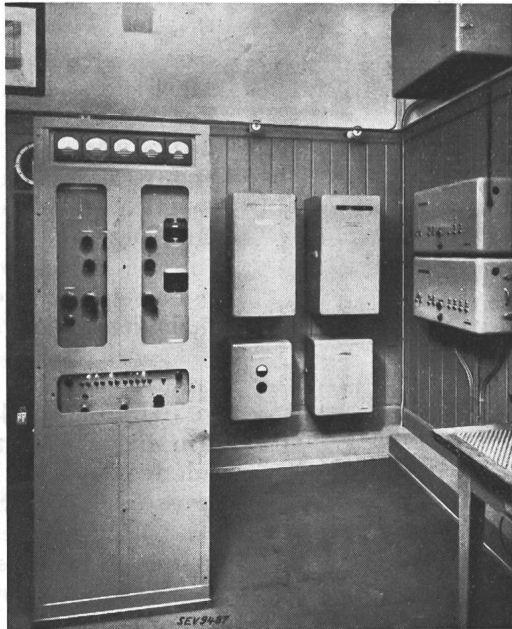


Fig. 20.

Fernstation einer EJ-Fernsteuerung mit mehreren Wählergeräten, Filter- und Netzanschlussgerät.

zugeordnet ist. Das Gerät rechts unten ermöglicht die mehrfache Ausnutzung der verschiedenen Fernleitungen mittels Wechselstrom, z. B. auch Telephonie.

Ein wesentlicher Gewinn an Auswahlgeschwindigkeit liesse sich erzielen durch Verwendung von gleichzeitig übertragbaren Impulsen verschiedener Art, beispielsweise verschiedener Frequenz. Die nötige grosse Kanalbreite im Zusammenhang mit dem beträchtlichen Aufwand an Selektionsmitteln zur Herausfilterung der einzelnen Impulse aus dem auf der Leitung befindlichen Frequenzgemisch lässt jedoch heute eine solche Lösung nicht als wirtschaftlich erscheinen. Etwas schneller arbeiten auch Fernsteuereinrichtungen mit sogenannten Relaisketten an Stelle der Schrittschaltwähler. Der Relaisaufwand ist jedoch beträchtlich. Die obigen rechnerischen Ueberlegungen, welche unserer Uebersicht zu Grunde liegen, mögen als Versuch betrachtet werden, gewisse schaltungstechnische Massnahmen durch vergleichbare Kenngrössen in ihrem Erfolg zu bewerten. Man ist jedoch bis jetzt noch nicht in der Lage, komplizierte Schaltungen, insbesondere mit zeitlichen Schaltbedingungen, allgemein zu berechnen, um den Aufwand auf das gelegentlich auch durch Routine erreichte theoretische Minimum zu senken.

In jüngster Zeit hat man in Veröffentlichungen oft Kurven der in Fig. 21 dargestellten Art gesehen. Sie sollen darüber Aufschluss geben, bis

zu welchen Entfernungen und Signalzahlen die Verwendung dieser oder jener Fernsteuereinrichtung wirtschaftlich ist. Unbestritten, den Wählersystemen mit mehrstelliger und anschliessend einstelliger Auswahl ist das Gebiet I grosser Entfernungen und Signalzahlen vorbehalten. Der Aufwand an zentralen Schalt- und Uebertragungsmitteln ist im Verhältnis zum individuellen Aufwand selbst bei kurzen Entfernungen gering, wenn nur die Signalzahl hinreichend gross ist. Bei kleinerer Signalzahl ändern sich jedoch die Verhältnisse. Hier tritt der verhältnismässige Aufwand an Uebertragungsmitteln und Adern sowie zentralen Schalteinrichtungen immer mehr hervor, so dass bei kleinerer Entfernung die mehradrigen Systeme wirtschaftlicher werden. Das Gebiet III ist bekanntlich denjenigen Systemen vorbehalten, welche keine zentrale Auswahlapparatur mehr besitzen, sondern die Aderausnutzung durch individuelle Massnahmen verbessern. Hierzu zählen sich die sogenannten Eindrahtschaltungen, welche mit insgesamt $(2 + n)$ Adern auskommen, wenn n die Anzahl Steuerungen einschliesslich der zugehörigen Rückmeldungen bedeutet.

Zwischen beiden Extremen liegt das Feld II aller derjenigen Schaltungen, welche in der Regel aus denen des Gebietes I abgeleitet erscheinen und als Sonderausführungen im Netzbetrieb keine besondere Bedeutung erlangt haben. Ich denke hier in erster Linie an die Schaltungen mit Kombination der Fernleitungsadern, deren Auswahl sicherstellung bisher einige Mühe gemacht hat.

Die dargestellten Kurven haben nur generelle Bedeutung. Ihr spezieller Verlauf wird bekanntlich massgebend bestimmt durch den Ausnutzungsgrad der Uebertragungsleitung. Wird für die Zeichenübermittlung, beispielsweise einer Impulsfern-

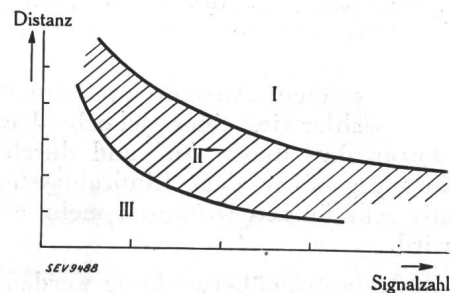


Fig. 21.

Gebiete der wirtschaftlichen Anwendung der verschiedenen Fernsteuersysteme.

I Impulssteuerungen. II Uebergangszone (Kombinationssteuerung). III Eindrahtsteuerungen.

steuerung, eine schon bestehende Fernsprechleitung durch tonfrequente Unter- oder Ueberlagerung oder durch Simultanschaltung gegen Erde mitbenutzt, so tritt der Preis dieser Zusatzeinrichtung gegen den meist höheren Kabel- oder Kabelmietpreis zurück. Das Anwendungsgebiet der Impulsfernsteuerungen wird durch das Vorliegen solcher Uebertragungsverhältnisse natürlich erheblich verbreitert. Muss andererseits bei Benutzung einer Fernwirkanlage ein neues Kabel verlegt werden, so spielt der Adernpreis neben den Verlegungskosten eine

untergeordnete Rolle, so dass man eher an die Verwendung von Einrichtungen des Gebietes III denkt. In Fällen, wo keine passenden Aderverbindungen vorhanden sind, oder deren Schaffung untragbare Kosten verursachen würde, scheidet die Einrichtungen der Gebiete II und III vollkommen aus. Man kann dann, fernwirktechnisch gesprochen, entfernte zu steuernde Werke bekanntlich durch Anwendung der Mittel der Hochfrequenztechnik erreichen. Wie dies im einzelnen geschieht und was für Gesichtspunkte für die Wahl der zweckmässigsten Uebertragungs-Apparaturen wegleitend sind, soll hier nicht weiter diskutiert werden.

In das Gebiet II gehört eine neue und interessante Fernsteuereinrichtung nach dem System mit Leitungskombination und Ruhestromüberwachung der Auswahl (LK-System). Fig. 22 zeigt die grundsätzliche Schaltung dieser Einrichtung. Sie verwenden

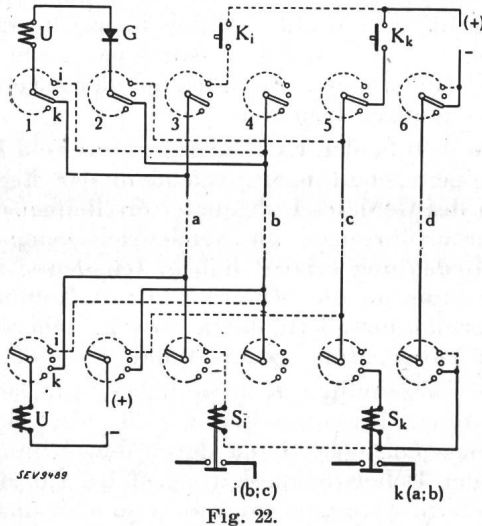


Fig. 22.

Grundsätzliche Anordnung einer Wählerfernsteuerung mit Leitungskombination und Ruhestromüberwachung.

det allerdings eine Auswahlapparatur mittels Schrittschaltwähler in einer jedoch derart einfachen Form, dass dieser Aufwand durch Adereinsparung gegenüber dem Eindrahtsystem noch bei relativ sehr kurzen Distanzen mehr als aufgewogen wird.

Für die Ruhestromüberwachung werden auf der gezeigten Stellung *k* die beiden Fernleitungsdrähte *a* und *b* verwendet, während die zu dieser Stellung gehörende Steuerung mittels Kommandogebener *K_k* über das Steuerrelais *S_k* und die beiden Adern *c* und *d* vollzogen wird. Die Wählerbahnen 1 und 2 besorgen auch auf einer andern Stellung, beispielsweise in der nächsten Stellung *i* die Auswahl, hier jedoch über eine andere Kombination *b* und *c* der vier Verbindungsadern, wobei die Stromschleife für die Kommandogabe dieses Mal über die Wählerarme 3 und 6 geschlossen wird. Die beiden Relais *U* sichern dadurch die Steuerung, dass sie bei Nichtübereinstimmen der Wählerstellungen keinen Strom führen können und deshalb sämtliche individuelle Steuerleitungen *i*, *k* der Fernstation, sowie die Stromkreise der Kommandostation unter-

brechen. Mit *n* Fernleitungsadern lassen sich bekanntlich (*n* über 2) Kombinationen zweiter Klasse und damit verschiedene Wählerstellungen festhalten. Verwendet man jedoch einen Gleichrichter *G* zur Polarisation des Ueberwachungsstromkreises, so lässt sich diese Anzahl Stellungen verdoppeln.

Die Ruhestromschleife wird von der Fernstation aus angespiesen, so dass sie gleichzeitig für die Ueberwachung der Fernleitung herangezogen werden kann. Selbstverständlich ist es möglich, diese Ausnutzung der (*n* - 2) nicht für die Ueberwachung benutzten Adern durch besondere Sparschaltungen ziemlich weit zu treiben, so dass eine verhältnismässig kleine Anzahl Fernleitungsadern schon eine recht grosse Zahl von Signalen zu übertragen gestattet. Man muss hier jedoch wie bei den Eindrahtschaltungen berücksichtigen, dass unter gewissen Umständen bei Fernleitungsbeschädigungen oder hohen induzierten Stör-

spannungen Fehlsteuerungen möglich sein können. Eine angenehme Eigenschaft dieser Fernsteuereinrichtung besteht in der Tatsache, dass sich bei Verwendung mehrerer Fernleitungsadern auf ein und derselben Wählerstellung mehrere Signale, beispielsweise auch Regelsignale übertragen lassen,

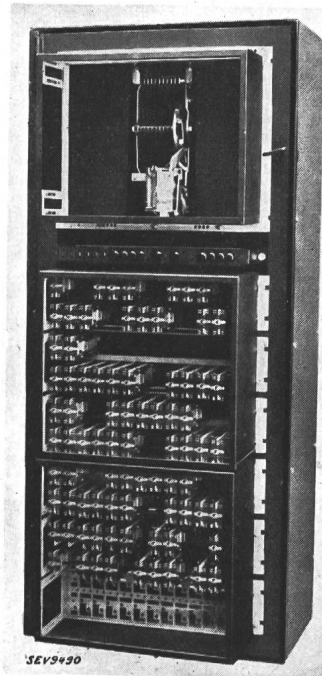


Fig. 23.

Wählergerät der Fernstation einer LK-Fernsteuerung für 6 Uebertragungsadern.

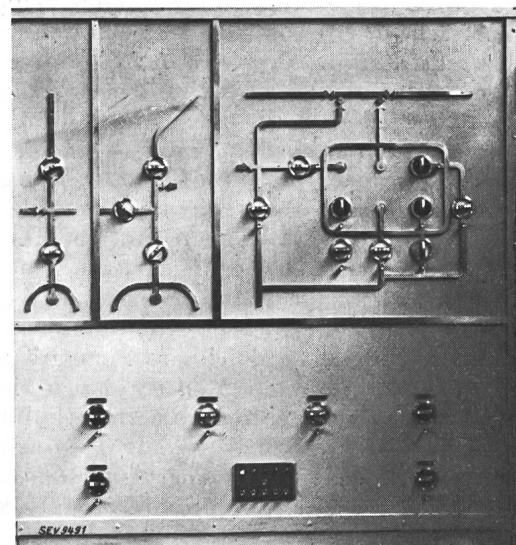


Fig. 24.

Kommandoschalttafel einer LK-Fernsteuerung mit Blindschema und Steuerquittungsschaltern mit eingebauten Blinklicht-Meldelampen.

wobei entsprechende Kontroll-Messwerte über eine andere Schleife rückübertragen werden können.

Fig. 23 zeigt das Wählergerät einer nach diesem System aufgebauten Fernsteuerung. Es handelt sich dabei um das Gerät der Fernstation, welches neben einer geringen Anzahl zentraler Relais hauptsächlich Relais der individuellen Steuer- und Regel-Apparaturen enthält. Beim entsprechenden Kommandogerät entfallen fast sämtliche der hier sichtbaren Relais, weil bei diesem Fernsteuer-system individuelle Steuerschaltungen benutzt werden, die kommandoseitig relaislos sind und dennoch in einwandfreier Weise «ein-aus»-Steuerungen mit den zugehörigen Rückmeldungen mit Blinklicht bei gleichzeitiger Pumpverhinderung zu übertragen gestatten. Fig. 24 zeigt die Kommandoschalttafel einer nach diesem System ausgeführten Fernsteuereinrichtung. Da es sich hierbei um die Fernsteuerung einer grösseren Pumpstation handelt, sieht man auch Steuerschalter, welche mit einer besonderen Nachlauf-Steuereinrichtung zur beliebigen Fein-einstellung der Wasserschleifer benutzt werden.

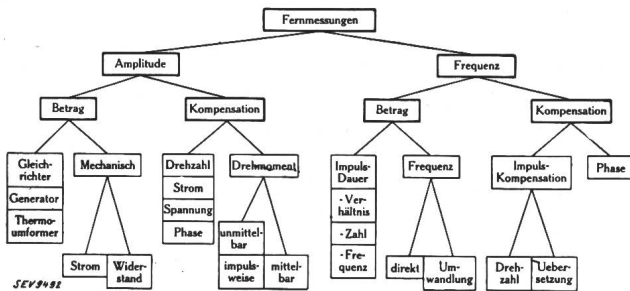


Fig. 25. Stammbaum der Fernmessverfahren.

Ich schliesse mit einem kurzen Ueberblick über die anderen beiden Fernwirkgebiete, nämlich das Gebiet der Fernmessung und dasjenige der Fernregelung. Zu ersterem gehören auch die Fernzähl-einrichtungen. In analoger Weise wie bei den Fernsteuerungen zeigt hier Fig. 25 den Stammbaum der

Fernmesseinrichtungen.

Je nach der für die Fernübertragung verwendeten Hilfsgrösse und der dazu gehörigen Umwandlungsschaltung eignen sich die Systeme entweder nur für ihre Benutzung über Gleichstromkanäle auf kürzere Entfernungen oder dann für beliebige Uebertragungsverhältnisse. Innerhalb von Stadtgebieten behaupten sich die links dargestellten Systeme, wobei die Amplitude der Hilfsgrösse das Mass für den fernzuübertragenden Messwert ist. Bei Verwendung einer Kompensationsschaltung auf der Sende- oder Empfangsseite ist es möglich, die hauptsächlichsten Veränderungen des Uebertragungskanals bis auf grössere Distanzen weg zu kompensieren. Eine Kompensation aus dem gleichen Grunde bei Frequenzverfahren vorzunehmen, ist nicht notwendig, da die Frequenz einer Nachricht sich längs des Kanals nicht ändert. Wenn man trotzdem bei diesen Systemen Kom-

pensationsschaltungen verwendet, so geschieht dies einerseits zur Erhöhung der Anzeigegeschwindigkeit, andererseits zur Erreichung grösserer Anzeigedrehmomente. Beide Massnahmen haben bei Fernregel-einrichtungen besondere Bedeutung. Der Vergleich der verschiedenen Systeme würde sich entsprechend den vielen vorhandenen Lösungen auf eine Grossezahl von einzelnen Fragen erstrecken. Auf alle diese hier einzugehen, kann ich mir mit dem Hinweise auf die noch folgenden Spezialreferate erübrigen.

Fernregel-einrichtungen

sind dem Betriebspersonal der Netze eine wertvolle Stütze zur Erleichterung ihrer Arbeit. Sie haben bekanntlich zwei Hauptaufgaben zu lösen. Erstens diejenige der wirtschaftlichen Regulierung des Energieströmungsfeldes, insbesondere von Austauschleistungen in Verbundnetzen, welche sich meist programmässig nach Bedarf und Reserven richten, zweitens diejenige der Frequenzhaltung, welche durch Mittel zur Gangkontrolle uhrzeitgenau werden kann. Es geht das Bestreben dahin, die Regeleinrichtungen so zu bauen, dass Veränderungen im Netzbetriebe möglichst auf den Ort ihrer Entstehung beschränkt bleiben und nicht zu weitläufigen Fluktuationen innerhalb grösserer Netzgebiete führen. Andererseits wird jedoch ein Verbundbetrieb erst dann sinnvoll, wenn dafür gesorgt wird, dass vor allem bei schweren Störungen sämtliche auch weiter entfernte Reserven automatisch zur Entlastung eingesetzt werden können.

Bei der Wahl von Fernregel-einrichtungen sind zwei wesentliche Punkte zu beachten. Der eine, der eigentliche fernwirktechnische, betrifft die Frage der Uebertragung des gemessenen Wertes an die Regulierstelle und ist in dieser Form eine reine Frage der passenden Wahl eines Fernmeßsystems. Wie man aus der Fernmesstechnik weiss, unterscheiden sich die verschiedenen Systeme zum Teil erheblich bezüglich ihrer Brauchbarkeit für Fernregelzwecke. Jedes dieser Fernmesssysteme hat, regeltechnisch gesprochen, neben seiner Unempfindlichkeit eine gewisse Laufzeit — gemessen vom Moment der Aenderung des Istwertes der Messgrösse bis zum Moment des Beginnes der Veränderung der Anzeige am Ort der Regulierung — und eine bestimmte Einschwingzeit — gemessen vom Moment des Beginnes dieser Veränderung bis zur genügend genauen Erreichung des neuen Wertes. Diese beiden Zeiten überlagern sich den entsprechenden Zeiten des örtlichen Regulierapparates. Selbstverständlich ist es wünschenswert, dass die Gesamtlaufzeit aus Stabilitätsgründen möglichst kurz ist, während die Einschwingzeit durch die bekannten Mittel der Reguliertechnik dem Regelproblem angepasst werden kann.

Der zweite Punkt ist ein ganz besonderes Merkmal der Fernregelung und betrifft die durch die Tatsache der grossen Distanz zwischen Mess- und Regulierort bedingten Umstände. Beim Vor-

liegen solcher Verhältnisse ist es nicht mehr möglich, von einem eindeutigen Zusammenhang zwischen der Reglerstellung und der Messgröße zu sprechen, weil die beiden Werte nicht mehr wie beim gewöhnlichen Regelproblem am gleichen Ort, bzw. an der gleichen Maschine erfasst werden können. Es ist hier so, dass bei einer Veränderung der Messgröße gleichzeitig durch den Netzbetrieb rein zufällig die Netzverhältnisse derart geändert werden können, dass die Regler, um dem Regelprogramm Genüge leisten zu können, jederzeit auf solche Veränderungen ebenfalls Rücksicht nehmen müssen. Es hat sich hierbei gezeigt, dass im allgemeinen nur solche Regler den erschwerten Bedingungen gerecht werden, bei welchen die Regulierbefehle in Abhängigkeit zum Ausmass der Abweichungen gebracht werden und welche unmittelbar auf die Verstellorgane der Maschinen ein-

wirken. Ob auch die Erfassung der Aenderungsgeschwindigkeit einer oder mehrerer Messgrößen Erfolg verspricht, ist bisher noch nicht restlos abgeklärt worden. Auf den Unterschied im Verhalten der Regler bei stationärem Betrieb und bei Anfall von Störungen ist besonders zu achten.

Zum Schlusse dieser Uebersicht über die für den Netzbetrieb wichtigen Lösungen des eingangs skizzierten Problems möchte ich noch betonen, dass es auch den besten Regel- und Fernwirkrichtungen kaum möglich sein wird, den Netzbetrieb vollkommen allein zu führen, weil er von Natur aus in allen seinen Varianten viel zu veränderlich ist und sich nicht rationalen Gesetzen unterordnet. Man wird daher bei der Einrichtung von Fernwirkanlagen immer dem freien Willen der Betriebsleitung den notwendigen und für sichere Betriebsführung hinreichenden Spielraum lassen wollen.

Anwendungen der Fernmessung nach dem induktionsdynamometrischen Prinzip.

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 14. Dezember 1940 in Zürich, von A. Täuber-Gretler, Zürich.

621.317.083.7

Nach einem Hinweis auf die Wirkungsweise des Fernmeßsystems von Trüb-Täuber werden Anwendungsbeispiele besprochen, bei denen die weitgehende Anpassungsfähigkeit des behandelten Fernmeßsystems in Erscheinung tritt.

Après avoir indiqué le fonctionnement du système de mesure à distance Trüb-Täuber, l'auteur donne quelques exemples d'applications, qui montrent la grande souplesse de ce système.

Das Induktionsdynamometer ist im Bulletin des SEV¹⁾ ausführlich beschrieben worden. Es sei daher hier an Hand der Grundsaltung (Fig. 1) der Fernmessung und des für dieselbe geltenden Vektordiagrammes (Fig. 2) nur sein Verhalten als Geber- und Empfangsinstrument unter kurzem Hinweis auf die analytischen Beziehungen für Ausschlagswinkel und Drehmoment zusammengefasst.

Nach Fig. 1 ist mit dem nach einem beliebigen Messprinzip gebauten Instrument ein eisengeschlossenes Elektrodynamometer 1 mechanisch gekuppelt.

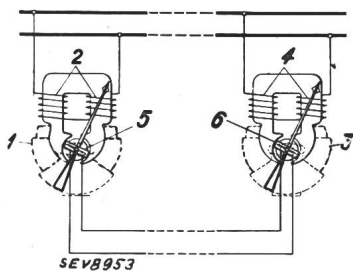


Fig. 1.
Grundhaltung der Fernmessung.
1 und 3: Geber bzw. Empf.
2 und 4: deren Feldwicklg.
5 und 6: deren Drehspulen.

Ein zweites gleiches Elektrodynamometer 3 ist das Empfangsinstrument. Ihre Feldwicklungen 2 und 4 werden aus derselben Wechselstromquelle gespeist; sie können unter sich in Reihe oder parallel zueinander geschaltet sein. Die beiden Drehspulen 5 und 6 sind durch zwei Leiter zu einem Stromkreis für sich vereinigt.

Das Diagramm Fig. 2 beschreibt die Wirkungsweise der beiden Instrumente, wenn die Drehspule des Gebers um einen Winkel α_1 aus ihrer Mittel-lage abgelenkt ist. Ist I_1 der Strom in der Feld-

wicklung 2, so wird durch dessen Feld in der Drehspule eine EMK E_1 induziert, für welche die Beziehung gilt:

$$E_1 = -j \omega \alpha_1 M_1 I_1 \quad (1)$$

wo $j = \sqrt{-1}$ die imaginäre Einheit, ω die Kreisfrequenz und M_1 der Koeffizient der gegenseitigen Induktion zwischen Feldwicklung und Drehspule, bezogen auf den Ausschlagswinkel $\alpha_1 = 1$, bedeuten.

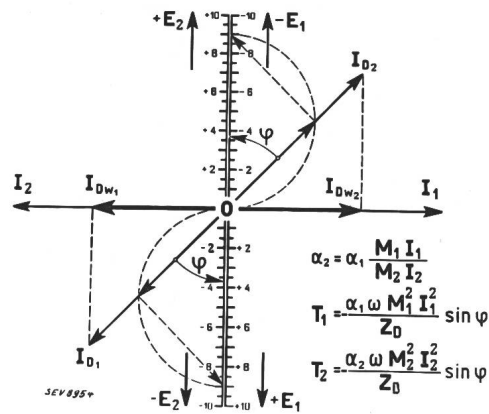


Fig. 2.
Vektordiagramm zur Grundsaltung nach Fig. 1.

Im Drehspulkreis wird daher ein Strom I_{D1} fließen, welcher bei induktiver Reaktanz gegen E_2 um den Phasenwinkel φ verzögert ist. Er bildet mit dem Feldstrom I_2 im Empfänger ein Drehmoment, welches dessen Drehspule aus der Mittel-lage ablenkt. Damit wird diese aber selbst der Sitz einer EMK:

¹⁾ 1926, Nr. 12, S. 545.