

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 21 (1930)
Heft: 4

Artikel: Fernmessung und Summenfernmessung im Betriebe der Elektrizitätswerke
Autor: Janiki, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061303>

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: 17.05.2025

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Generalsekretariat des
Schweiz. Elektrotechnischen Vereins und des
Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke

REDAKTION
Zürich 8, Seefeldstr. 301

Secrétariat général de
l'Association Suisse des Electriciens et de
l'Union de Centrales Suisses d'électricité

Verlag und Administration

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.
Zürich 4, Stauffacherquai 36/38

Editeur et Administration

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

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et
sans indication des sources

XXI. Jahrgang
XXI^e Année

Bulletin No. 4

Februar II 1930
Février II 1930

Bericht

über die Diskussionsversammlung des S.E.V.

Samstag, den 7. Dezember 1929, 8 Uhr 45, im Hotel Schweizerhof
in Olten.

(Fortsetzung von Nr. 3, Seite 109, und Schluss.)

Da der Präsident des S.E.V., Herr Dir. Chuard, verhindert ist, die Nachmittagssitzung zu leiten, übernimmt Herr Dr. Sulzberger, Vorstandsmitglied des S.E.V., diese Aufgabe. Er dankt der Firma Landis & Gyr A.-G., Zug, für ihr Zuvorkommen, mit welchem sie die Abhaltung des nun folgenden, von ihr schon seit längerer Zeit für eine Diskussionsversammlung des S.E.V. zur Verfügung gestellten Referates ermöglicht hat. Er erteilt sodann das Wort Herrn Ingenieur Janički, Zug, zu seinem Vortrag.

Fernmessung und Summenfernmessung im Betriebe der Elektrizitätswerke.

Von Dipl. Ing. W. Janički, Zug.

Nach einem Hinweis auf die Bedürfnisse der Fernmessung auf verschiedenen Anwendungsgebieten werden die an die bis jetzt entwickelten und noch auszubildenden Fernmessverfahren gestellten Forderungen besprochen. Hieran schliesst sich ein Ueberblick über die verschiedenen bis jetzt bekannt gewordenen Fernmess- und insbesondere Summenfernmessverfahren an, wobei eingehender der von der Landis & Gyr A.-G. in Zug neuerdings entwickelte Summenzähler behandelt wird.

Après avoir attiré l'attention sur le besoin des mesures à distance dans différents domaines, l'auteur passe en revue les propriétés qu'on exige des procédés de mesure développés jusqu'ici et susceptibles encore d'améliorations. Suit un aperçu des méthodes de mesure à distance, surtout des méthodes totalisatrices connues à ce jour, en particulier la description détaillée du récent compteur totalisateur de la maison Landis & Gyr S. A., Zug.

621.317.087

I. Einleitung.

Die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft mit den immer grösser werdenden Kraftwerken und der immer mehr wachsenden Ausdehnung und enger werdenden Vermaschung der Uebertragungs- und Verteilungsnetze hat in den letzten Jahren die Probleme der elektrischen Fernmessung und insbesondere der Summenfernmessung in den Vordergrund des allgemeinen Interesses gerückt. Die hier auftretenden Probleme weisen eine grosse Mannigfaltigkeit auf: bald handelt es sich darum, den höchsten Mittelwert (innerhalb einer bestimmten Periode) der von mehreren Leitungsnetzen aufgenommenen Energie zu ermitteln, bald in einem Kessel- oder Maschinenhaus von gewaltigen Ausmassen die richtigen Betriebsdaten allgemein sichtbar anzuzeigen und die zusammengehörigen Angaben (Lei-

stungsgrössen, Wärme-, Gas-, Dampf- und Wassermengen, Druckunterschiede, Kolbenhöhe, Umdrehungszahlen usw.) an einer Zentralstelle, z. B. im Kommandoraum des Kraftwerkes zu summieren. Dann wiederum soll der Betriebsleiter einer grossen Ueberlandzentrale in den Stand gesetzt werden, trotz der weitgehenden Unterteilung des Stromversorgungsgebietes, wie weit verzweigte Stadt- oder Bahnnetze, die Gesamtleistung seines Stromsystemes zu überblicken, sowie festzustellen, mit welchen Leistungen die einzelnen Kraftquellen auf sein Netz arbeiten, um die Last in zweckmässiger Weise auf sie aufteilen zu können.

II. Bedürfnisse der Fernmessung.

Die Uebermittlung von Messgrössen auf bestimmte Distanzen stellt an und für sich nichts neues dar. Zu wiederholten Malen wurden schon früher elektrische Messangaben, wie Spannung, Strom, Leistung, Frequenz, Energiemengen usw. etwa von einer an der Peripherie eines grösseren Gemeinwesens gelegenen Kraftzentrale an den Sitz der Betriebsführung ferngeleitet. Man begnügte sich aber früher, abgesehen von der Wasserstandsfernmessung, mit Spezialfällen; im allgemeinen hatte man es dabei nur mit geringen Uebertragungsentfernungen zu tun.

In neuerer Zeit, mit der Ausdehnung der Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetze, sowie mit dem zunehmenden Zusammenschluss der Elektrizitätsunternehmen und der damit zusammenhängenden *zentralisierten Betriebsführung für mehrere Kraftwerke*, ist das Bedürfnis nach der elektrischen Fernmessung, sowie der Umfang deren Anwendungsgebiete gestiegen. Gleichzeitig damit sind der elektrischen Messtechnik neue Aufgaben erwachsen. Die aus Gründen der Zuverlässigkeit des Betriebes eingeführte, sogen. *unterteilte Mehrfachspeisung* hat in erheblichem Masse dazu beigetragen, den Wunsch und das Verlangen nach Ausgestaltung der Fernmessung wesentlich zu erhöhen. Es ist heutzutage sowohl bei grösseren kommunalen- als auch bei Ueberland- und Landesversorgungsnetzen als Regel anzusehen, dass sie in einigen Punkten gefasst und ihnen von mehreren Seiten her Strom zugeführt wird, wobei die aufgenommene Leistung oder Arbeitsmenge meistens von verschiedenen elektrischen Zentralen herrührt.

Auf analoge Art werden auch die Höchstspannungssysteme der Landeselektrizitätsversorgung durch Energiequellen gespeist, die auch sehr oft noch Bestandteile verschiedener Stromversorgungsgesellschaften und Elektrizitätsverteilunternehmen bilden. Kurzum, bei fast allen Formen von Stromlieferungssystemen hat die Zahl der Uebergabestellen der elektrischen Energie, verglichen mit früher, zugenommen. Die einzelnen Fälle unterscheiden sich lediglich durch den Abstand der Uebergabestellen voneinander und durch die Höhe der dort übermittelten, abgegebenen oder bezogenen Energiemengen und Leistungen.

Was ergibt sich aus der gegenüber früher so stark veränderten, anders gear teten Netzgliederung und Stromversorgungsgestaltung? Der Betriebsführer, der ehemals im Kommandoraum seiner einzigen elektrischen Zentrale alle Betriebsverhältnisse vollständig beherrschen konnte, hat das Bestreben, auch unter den veränderten Umständen — bei der unterteilten Zuteilung — den Betrieb genau so wie früher zu überblicken und zu dirigieren. Er möchte sich dabei nicht nur ausschliesslich auf die telephonische Uebermittlung der ihn interessierenden Messwerte verlassen, sondern hat auch den Wunsch, vor allem die gesamte Leistung seines Netzes zu übersehen, sowie ausserdem die Grösse der einzelnen Leistungen zu kennen, mit denen die verschiedenen Energiequellen auf sein Netz arbeiten, um die Last in zweckentsprechender Weise auf sie zu verteilen.

Wird nun noch dabei ein Teil der Leistung, bzw. Arbeitsmenge aus fremden Netzen durch Kauf erworben, so verbindet sich mit dem rein betriebstechnischen Bedürfnis das Verlangen, aus Gründen des Verrechnungswesens die bezogene Leistung am Zentralsitz der Betriebsleitung sofort zu übersehen, um eine nach dem abgeschlossenen Stromlieferungsvertrag ungünstige Ausnutzung der eingekauften Leistungs- und Arbeitsmenge zu vermeiden.

III. Die an Fernmessverfahren zu stellenden Anforderungen

sind also:

- a) wirtschaftlicher Natur (Kosten),
- b) betriebstechnischer Natur.

Die Grösse der Auslagen, die für derartige Einrichtungen von den Stromversorgungsgesellschaften ausgeworfen werden können, muss selbstverständlich in einem angemessenen Verhältnis zu den Werten stehen, die durch eine solche Fernmessanlage eingespart werden können. Die Kosten der Fernmessung setzen sich im wesentlichen zusammen aus den Ausgaben für die Anschaffung und Montierung der notwendigen Uebertragungsleitungen, während die Auslagen für die erforderlichen Apparate und Instrumente im allgemeinen nur einen kleinen Bruchteil der Gesamtaufwendungen bilden. Daher wird bei städtischen Netzen mit einerseits kleinen Uebermittlungsdistanzen und damit verhältnismässig geringen Kosten der Einrichtung und andererseits hohen Leistungs- und Energiequantitäten und damit hohen wirtschaftlichen Wirkungsgrad der telemetrischen Anlage das Verlangen des Betriebsleiters sich verhältnismässig leicht erfüllen lassen. Dagegen waren bis vor kurzem für Ueberlandzentralen und Landesversorgungsnetze die aufzubringenden Auslagen wegen der Grösse der Uebertragungsentfernungen im allgemeinen zu hoch, als dass sich trotz des unzweifelhaft fühlbar machenden Bedürfnisses die Fernmessung bisher in grösserem Umfange hätte durchsetzen und einbürgern können. Gegenwärtig befindet sich die ganze Entwicklung noch in vollem Fluss, und an die Hand genommene Bestrebungen der einzelnen Konstruktionsfirmen sind daher vor allem darauf gerichtet, zu untersuchen, wie die hohen Kosten der Uebermittlung verringert werden können, für die bei der Mehrzahl der bisher verwendeten Fernübertragungssysteme besondere, nur zu diesem Zwecke vorgesehene Schwachstromleitungen hergestellt und verlegt werden mussten.

a) *Uebertragungsleitungen.* Bei der Wahl der Uebertragungsmittel muss in erster Linie darauf Bedacht genommen werden, dass die Stromversorgungsunternehmen und Elektrizitätsverteilungsgesellschaften in der Regel bereits über ein mehr oder weniger gut ausgebautes, betriebseigenes Schwachstromnetz für den dienstlichen Sprechverkehr verfügen. Dieses Netz enthält im allgemeinen Leitungen der verschiedensten Art: Schwachstromkabel und Telegraphenfreileitungen, dann Hochspannungstelephonverbindungen und Hochfrequenzsprecheinrichtungen. Wenn nun die Fernmessung sich mit einigermaßen erträglichen Kosten verbinden lassen soll, so müssen diese Sprechleitungen im *Simultanbetrieb (Mehrfachfrequenzbetrieb)* verwendet werden, ohne dass dadurch der telephonische Uebertragungsdienst in irgend einer Weise unterbunden, gehemmt oder sonstwie nennenswert beeinflusst würde. Die Fernübertragung muss sich auch bei allen diesen verschiedenen Gattungen von Sprechverbindungen durchführen lassen, und sie muss schliesslich in gleicher Weise wie der Sprechverkehr auch über zusammengeschaltete, verschiedenartige Leitungen, z. B. über die Serieschaltung von Draht- und Hochfrequenztelephonie möglich sein.

Endlich ist zu berücksichtigen, dass die meisten Telephonfreileitungen von beträchtlicher Länge, sowie zum Teil auch Fernsprechkabel zur Erzielung besserer Sprechwirkungen oder auch aus anderen betriebstechnischen Gründen durch kleine Zwischen- oder Kuppel-Transformatoren, sogenannte „Uebertrager“, abgeriegelt und unter Umständen auch in ihrem Leitungszuge in Abständen von etwa 20 bis 30 km durch solche „Uebertrager“ unterteilt sind. Die telemetrischen Verfahren müssen sich dementsprechend diesen Verhältnissen anzupassen versuchen, wenn sich die aufzubringenden Auslagen in tragbaren Grenzen halten sollen.

Da in sehr vielen Fällen die Schwachstromfreileitungen auf dem Postgestänge der öffentlichen staatlichen Telephon- und Telegraphenverwaltungen verlaufen, so muss im weitem in Betracht gezogen werden, dass die zur Uebermittlung erforderlichen Mesströme nach Spannung, Strom und Leistung keine unzulässigen Beeinflussungen auf die benachbarten Sprechleitungen ausüben dürfen, damit die in Frage

stehenden Post- und Telegraphenverwaltungen ihre Einwilligung zum Fernmessbetrieb geben können. Gründet sich dabei das telemetrische Verfahren auf die Uebermittlung einzelner Stromstösse, so muss Gewähr dafür geleistet werden, dass die Impulse auch die Wählerapparate der etwa im Zuge der Leitungen liegenden bedienungslosen Telephonämter nicht zum Ansprechen bringen; ausserdem darf natürlich der Anruf der Sprechverbindung durch die Impulse nicht beeinträchtigt werden, wie auch dieser seinerseits auf die Messung keinen Einfluss ausüben darf.

Weitere an die Fernmessmethode zu stellende Anforderungen sind: Betriebssicherheit, Bildtreue in der Verfolgung von Belastungsschwankungen, Kontinuität in der Anzeige, Summierfähigkeit (Einfachheit der Summenbildung) der zu übertragenden Einzelangaben und gewisse Grenzen der Messgenauigkeit.

b) Messgenauigkeit. Die Ansprüche, die gegenüber der Messgenauigkeit bei der Fernmessübertragung erhoben werden müssen, sind, da die Angaben in erster Linie nicht der Verrechnung, dem Verkauf zu Grunde gelegt werden, sondern mehr Kontrollzwecken dienen, jedenfalls nicht sehr hohe. Im allgemeinen wird man zu den normalen, für die Messinstrumente als zulässig erachteten Fehler einen weiteren Fehler von ± 2 bis $\pm 3\%$ einräumen können. Für die meisten Fälle wird eine totale Genauigkeit von $\pm 3\%$ als ausreichend betrachtet werden können. Bei Spannungs- und Frequenzmessungen darf er jedoch nur auf $\pm 0,5$ bis höchstens $\pm 1\%$ des Sollwertes ansteigen. Keinesfalls darf jedoch dieser Fehler durch Temperatur- und Witterungseinflüsse, denen die Uebertragungsleitungen unterliegen, um mehr als die genannten Beträge von $\pm 2\%$ bis $\pm 3\%$ geändert werden, da sonst leicht falsche Rückschlüsse aus den Angaben gezogen werden könnten.

c) Summierfähigkeit. Im weiteren ergibt sich noch eine Forderung, die im Wesen der allgemeinen Bedürfnisse liegt und sich verhältnismässig leicht verwirklichen lässt. Die Messverfahren müssen namentlich so durchgebildet sein, dass sich mehrere an einen Punkt zu übertragende Angaben mit einfachen Mitteln summieren und auf einem besonderen Messgerät zur Anzeige bringen lassen. Diese Forderung wird in allen den Fällen besonders erhoben werden müssen, in denen es sich darum handelt, die insgesamt für ein Unternehmen von einer andern Gesellschaft bezogene Leistungs- oder Arbeitsmengen auf ein bestimmtes Mass einzustellen.

d) Messangaben. Schliesslich sei noch die Frage aufgeworfen, welche Angaben für die Zentralbetriebsleitung in Betracht kommen und demgemäss auch auf grössere Entfernungen übertragen werden sollen. Die Bedürfnisse der Fernmessung und insbesondere der Fernsummenmessung liegen einmal auf betriebstechnischem und zweitens auf wirtschaftlichem, bzw. verrechnungstechnischem Gebiet.

Für die technische Betriebsführung sind wichtig:

1. Leistungsangaben, und zwar sowohl Wirkleistungen in kW, Scheinleistungen in kVA und Blindleistungen in bkVA oder bkW.
2. Angaben von Strom und Spannung, Leistungsfaktor, Frequenz usw.

Für die wirtschaftliche Betriebsführung kommen in Frage:

1. Leistungsangaben,
2. Arbeitsmengen.

*

*

*

Gehen wir nach diesen allgemeinen Betrachtungen über die an die Fernmessverfahren zu stellenden Anforderungen auf diese selbst über, so müssen wir uns in erster Linie die Frage vorlegen: bei welcher Entfernung beginnt nun die eigentliche Fernmessung?

Die beste Antwort ist: dort, wo man zu besonderen Massnahmen gezwungen ist, wo man mit den bisher üblichen Mitteln nicht auskommt. Mit anderen Worten: bei Gleichstrom beginnt die Fernmessung in einer weit grösseren Entfernung als bei Wechselstrom. Zur Gleichstrommessung kann man beispielsweise mit 100 mV Spannungsabfall am Messwiderstand noch mit 20 000 Ohm Gesamtwiderstand arbeiten.

Rechnet man die Hälfte des Widerstandes auf die Schaltung, so gibt dies noch eine Messung mit 100 km Doppeltelephonader.

Der Abstand, auf welchen man eine Gleichspannung E mit Hilfe einer Hin- und Rückleitung von bestimmtem Querschnitt messen kann, wird festgelegt durch den Stromverbrauch I des Messinstrumentes und durch den Umstand, dass die Veränderung R des Widerstandes der gekuppelten Verbindungsleitungen zufolge einer Temperaturveränderung t nicht zu gross sein darf in bezug auf den Gesamtwiderstand $R = \frac{E}{I}$ des Messinstrumentes und der Verbindungsleitungen.

Für $J = 1 \text{ mA}$, $\Delta R = 0,005 R$ (0,5 %), $\Delta t = 15^\circ \text{C}$ und ein Telephonkabel von 50 km Länge, entsprechend einem Widerstand von beispielsweise 4000 Ohm für Hin- und Rückleitung, erhält man:

$$\Delta R = 15 \times 0,004 \times 4000 = 240 \text{ Ohm}$$

$$R = \frac{240}{0,005} = 48000 \text{ Ohm}$$

$$E_{\min} = 0,001 \text{ A} \times 48000 \text{ Ohm} = 48 \text{ V.}$$

Für Wechselstrom haben wir keine so empfindlichen Messinstrumente wie für Gleichstrom zur Verfügung und müssen unter Umständen schon bei 5 km zu andern Massnahmen greifen, als einfach lange Zuleitungen zu legen oder die Stromwandler für vielleicht 1 A oder nur für 0,5 A statt wie normal für 5 A zu wickeln. Die Impedanz zwischen den Klemmen eines Stromwandlers soll bekanntlich aus Fehlergründen keine zu grossen Werte annehmen. Man kann daher selbst mit abnormalen sekundären Stromstärken von 0,5 bis 1 A keine grossen Abstände überbrücken (12,5 km bei 10 mm² Cu und 1000 kg Kupfer). Ausserdem macht sich selbst bei Spannungsmessungen der störende Einfluss der Kapazität der Verbindungskabel geltend und fällt erschwerend ins Gewicht. Immerhin kann man bei Spannungsmessungen bis auf 50 km kommen unter Berücksichtigung des Einflusses der Kapazität der verwendeten Kabel.

Die zweite Frage betrifft die Wirtschaftlichkeit der Fernmessübertragung, die schon weiter oben kurz gestreift worden ist. Die Aufwendungen für das Leitungsmaterial sind bei Fernmessungen entscheidend, vor allem dann, wenn besondere Kabel oder besondere Freileitungen verlegt werden müssen. Am billigsten gestalten sich die Verhältnisse dann, wenn schon ein vieladriges Telephonkabel vorhanden ist und zwei oder mehr Adern zur Fernübertragung zur Verfügung stehen. Jedenfalls kommt die Verwendung eines Kabels mit stärkerem Querschnitt als 0,5 oder höchstens 1 mm² für eine moderne Fernmessanlage nicht mehr in Betracht. In der Regel wird man schon bestehende, gut benutzte Fernsprechleitungen gleichzeitig zur Fernübertragung heranziehen. In Höchstspannungsanlagen geht man darauf aus, die Fernmessungen mit leitungsgerichteter Hochfrequenzübertragung auszuführen. Sind mehrere Angaben zu übermitteln, so will man mit einer einzigen Doppelleitung auskommen, weil man sonst fast immer in der Anlage zu teuer wird.

IV. Uebersicht über die wichtigsten der bis jetzt entwickelten Fernmessverfahren.

Die bis jetzt auf dem Markte erschienenen Fernmessverfahren lassen sich im grossen und ganzen in fünf Hauptgruppen einteilen, von denen jede einzelne wiederum ihrerseits in eine Anzahl von Untergruppen zerfällt.

Die fünf Hauptgruppen können durch folgende Schlagworte gekennzeichnet werden:

1. Uebertragung mit Hilfsstrom (Gleichstrombatterie).
2. Uebertragung mit Hilfsfrequenz.
3. Umformung der zu messenden Grösse vor der Uebertragung in Gleichstrom.
4. Umformung der zu messenden Grösse in Stromstösse, sogenannte Impulsverfahren.
5. Induktionsverfahren.

Die grösste Bedeutung kommt der dritten und der vierten Gruppe zu, die wahrscheinlich auf die Dauer auch allein das Feld behaupten und in engeren Wettbewerb zueinander treten werden.

Im Nachfolgenden sollen die einzelnen Verfahren an Hand von Prinzipschematas kurz geschildert werden, unter Hervorhebung der spezifischen Vor- und Nachteile, soweit sich solche aus der Literatur entnehmen lassen.

1. Uebertragung mit Hilfsstrom.

Grössere Abstände können überbrückt werden, wenn man eine besondere Stromquelle verwendet, wobei die elektromotorische Kraft entsprechend der Entfernung gewählt werden kann. Aus den bereits weiter oben angegebenen Gründen gebührt einer Gleichstromhilfsquelle der Vorzug. Als Empfangsapparat wird meistens ein Drehspulinstrument benutzt. Der Gleichstrom I in dem Empfangsinstrument und somit auch in der Verbindungsleitung muss eine Funktion der zu messenden Grösse sein. Nun ist aber $I = \frac{E}{R}$, wobei E die in der Verbindungsleitung wirksame EMK und R den Widerstand bedeutet. Darum kann man zwischen einer sogenannten *unmittelbaren* und einer *mittelbaren Regelung* des Stromes unterscheiden. Bei der ersten stimmt mit einem vorgeschriebenen Werte der zu messenden Grösse ein vorgeschriebener Wert I überein, so dass man von den Veränderungen von E und R unabhängig ist. Dies ist nicht der Fall bei der letzten Methode, die auf der indirekten Regelung des Stromes durch Regulierung von E (Potentiometerverfahren) oder von R beruht.

Die einfachste Fernübertragung einer Zeigerstellung ergibt sich, wenn das Messgerät selbst so kräftig ist, ein an eine Batterie konstanter Spannung angeschlossener Widerstand geeigneter Konstruktion zu verstellen. Ausführungen dieser Art werden insbesondere bei der Fernübertragung von Angaben mechanischer Messgeräte (Druck, Strömung, Temperatur usw.) verwendet.

a) *Kreuzspulinstrument von Hartmann & Braun*¹⁾ (s. Fig. 1). Hartmann & Braun verwenden eine Kollektortrommel mit darauf gewickeltem Widerstandsdraht und ein Kreuzspulinstrument als Anzeiger. Ueber den Widerstand schleift eine Bürste, durch die das

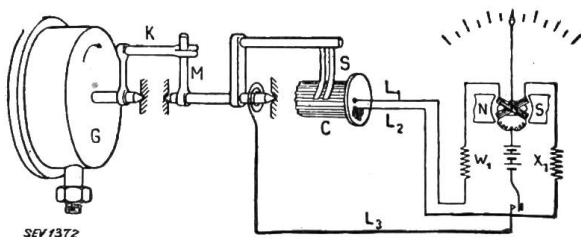


Fig. 1.

Fernübertragung von Hartmann & Braun mit Schleifkontakt am Geber und Kreuzspulinstrument als Empfänger.

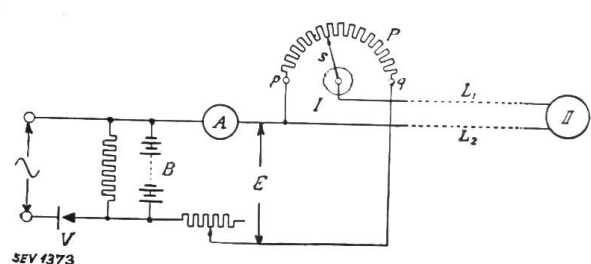


Fig. 2.

Prinzipschema des Siemens Fernmesswerkes.

Verhältnis der Teilwiderstände zwischen Bürste und Widerstandsdrähten entsprechend den Schwankungen der zu messenden Grösse verändert und durch das Kreuzspulinstrument zur Anzeige gebracht wird. Zwischen Geber und Empfänger sind drei Verbindungsleitungen notwendig oder zwei Verbindungsleitungen und die Erde. Der Aktionsradius beträgt einige 100 km. Durch Verwendung des Kreuzspulinstrumentes ist der Einfluss der Schwankungen der Hilfsspannung eliminiert.

b) *Ringrohrgeber von Siemens & Halske*²⁾. Siemens & Halske verwenden zur Fernübertragung der Zeigerstellung kräftigerer Messinstrumente den sogenannten Ringrohrgeber. An Stelle des auf einer Walze gewickelten Drahtes tritt ein Platin-

¹⁾ E & M 1928, Seite 863.

²⁾ Siemens-Zeitschrift 1928, Seite 716. — Elektrojournal 1928, Seite 231.

draht, der im Innern eines zu einem Ring gebogenen Glasrohres liegt, das etwa zur Hälfte mit Quecksilber gefüllt ist und je nach der Lage des Ringes einen grösseren oder kleineren Teil des Messwiderstandes (Platindrahtes) durch Kurzschliessen verändert. Diese Widerstandsveränderung dient ebenfalls zur Fernanzeige der Messgrösse mit Hilfe eines Drehspulinstrumentes.

c) *Siemensfernmesswerk mit Doppelfallbügelsystem*³⁾ (s. Fig. 2 und 3). Die meisten elektrischen Messgeräte sind zu schwach und verfügen über kein ausreichendes Drehmoment, um die Regelung der Spannung oder des Widerstandes direkt durch die Verstellung eines beweglichen Organs vorzunehmen. Nur bei der Verwendung eines Zählers mit überlasteter Stromspule und Spannungsspule kommt man zu ausreichend hohen Drehmomenten, die erforderlich sind, um die Zeiger zu verstellen. In den meisten Fällen ist dagegen noch ein besonderes Relais (Magnet, Uhrwerk, Motor) notwendig, um ein genügend grosses Drehmoment bei der Regelung hervorzubringen. Eine Lösung dieser Art stellt das Siemens Fernmesswerk mit Doppelfallbügel dar.

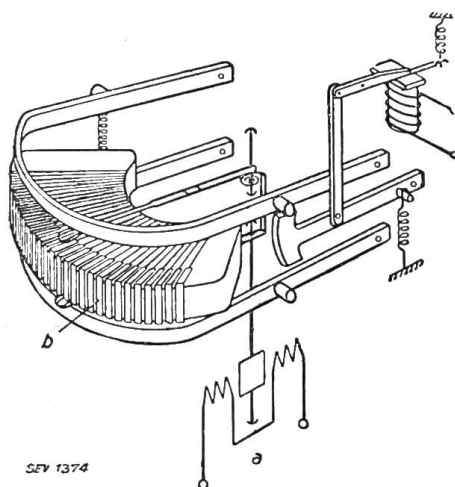


Fig. 3.
Doppelfallbügelgerät des Siemens Fernmesswerkes.

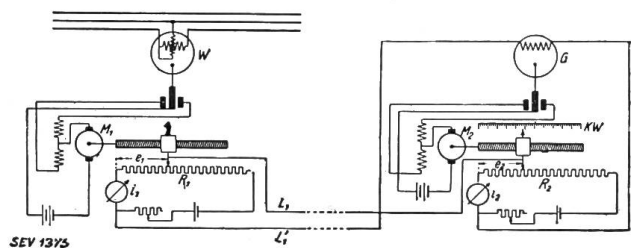


Fig. 4.
Schema der Fernübertragung nach dem Potentiometerverfahren der West Penn Power Co., U. S. A.

Eine Hilfsspannung von 24 V liegt an den Enden eines auf einem Kreisabschnitt gewickelten Widerstandes, der als Potentiometer geschaltet ist und über dem sich ein Zeiger bewegt. Durch ein Fallbügeltriebwerk greift der Zeiger eine seinem Ausschlag proportionale Spannung auf diesen Widerstand ab, die auf den Messleitungen übertragen wird. Damit nicht die Kontaktgabe beim Loslassen des Fallbügels aufgehoben wird und das Anzeigeinstrument dauernd zwischen Nullpunkt und Endausschlag hin- und herpendelt, ist ein sogenannter Folge- oder Erinnerungszeiger vorgesehen, der durch einen zweiten Fallbügel auf eine der Messgrösse entsprechende Stelle so lange gedrückt wird, bis der Messzeiger einen seiner neuen Stellung entsprechenden Kontakt abgegriffen hat. Während einer kurzen Zeit befindet sich somit ein Teil des Potentiometerwiderstandes zwischen den beiden Zeigern. Darum sind diese nicht direkt elektrisch miteinander verbunden, sondern über einen Teil des Widerstandes des Fernmessstromkreises.

Die Bewegung des Bügels geschieht alle 3–15 Sekunden (im Durchschnitt alle 10 Sekunden) mit Hilfe eines Elektromagneten, unter Verwendung eines thermischen Bimetallschalters. Da als Empfänger ein Drehspulinstrument (maximum 10 mA) gebraucht wird, ist die Messangabe abhängig von der Spannung zwischen dem veränderlichen und einem der beiden festen Punkte des Spannungsteilers. Die Hilfs-

³⁾ Siemens-Zeitschrift 1927, S. 422. — Bull. S.E.V. 1928, No. 3, S. 100. — A. Imhof: Neuere Elektrostatistische Hochspannungsmessgeräte, S T Z 1923, No. 503 und 504. — Bull. S.E.V. 1928, No. 5 S. 180.

batterie kann mit Hilfe eines Glimmgleichrichters aus dem Wechselstromnetz geladen werden. Siemens & Halske geben an, dass 20 % Veränderung der Netzspannung höchstens 0,7 % Veränderung der Potentiometerspannung zur Folge hat.

Durch Verwendung eines sogenannten Kreuzspulinstrumentes (Quotientenmeters) kann man die Angaben des Empfängers von der Höhe der Hilfsspannung unabhängig machen, und auch die Aenderungen des Leitungswiderstandes sind dabei ohne Einfluss auf die richtige Anzeige des Instrumentes. Dieses Instrument ist ziemlich teuer. Der Aktionsradius beträgt bis zu 1000 km.

d) *Potentiometermesswerk der Westinghouse Electric and Manufacturing Co., Pittsburgh, Po., U. S. A., angewendet bei der West Penn Power Co., U. S. A.*⁴⁾ (s. Fig. 4). Grundsätzlich vermieden ist der Einfluss des Leitungswiderstandes bei den sogenannten Potentiometermessverfahren, wie sie von verschiedenen Firmen in Amerika und Europa durchgebildet worden sind. Diese Apparate haben, wenn sie gut konstruiert sind, was im allgemeinen zutrifft, im besonderen den Nachteil hoher Herstellungskosten.

Bei dem Verfahren der Westinghouse Co. werden zwei selbsttätige Spannungsteiler oder Potentiometer benutzt, je eins auf der Geber- und eins auf der Empfängerseite. Als Sender dient ein registrierendes Relaiswattmeter, das mit einem Widerstand R_1 und einem Schieber versehen ist, der mit der Schreibfeder fest verbunden ist. Der Widerstand wird als Potentiometer oder Spannungsteiler geschaltet und aus einer Batterie mit konstantem Hilfsstrom i_1 gespeist. Das bewegliche Organ des Wattmeters hat zwei Begrenzungskontakte, die den Hilfsmotor M_1 im einen oder andern Sinne einschalten und damit mit einem (nicht gezeichneten) Gleitwiderstand und mit einer Hilfsbatterie so lange in einer (nicht gezeichneten) Spule den Strom ändern, bis das von der Spule erzeugte Gegendrehmoment dem Drehmoment der Wattmeterspule das Gleichgewicht hält. Die zwischen den Leitungen L_1 und L_2 bestehende Spannung ist dem Ausschlag des registrierenden Wattmeters proportional. In der Empfängerstation befindet sich ein Messinstrument, das erst zur Ruhe kommt, wenn die Verbindungsleitungen stromlos geworden sind, was dann eintritt, wenn eine ebenso grosse, aber entgegengesetzt gerichtete E M K in der Verbindungsleitung wirksam ist wie in der Sendestation. Der Empfänger besteht somit aus einem ganz ähnlichen Apparat wie der Geber. Bei seinem Potentiometer ist $R_2 = R_1$ und $i_2 = i_1$. Als Anzeige- und Kontaktorgan dient ein Gleichstrom-Nullinstrument, das den Motor M_2 so steuert, dass die in dem zweiten Spannungsteiler abgegriffene Spannung e_2 gleich ist der Spannung e_1 zwischen den Uebertragungsleitungen und damit das Galvanometer G und die Fernleitung stromlos sind. Die Wandermutter auf der Spindel kann einen Zeiger erhalten, der auf einer kW-Skala spielt, die nun genau mit derjenigen des Gebers übereinstimmt. Ein Vorteil dieser Methode besteht darin, dass es sich um ein Nullverfahren handelt, welches unabhängig vom Leitungswiderstand ist. Nachteilig sind die komplizierte Schaltung und der Umstand, dass die Messgenauigkeit abhängig ist von der Gleichheit der Ströme in den Potentiometern, die sich in der Geber- und Empfängerstation einstellen.

e) *Fernmesseinrichtung von Evershed & Vignoles (Midworth)*⁵⁾ (s. Fig. 5). (Direkte Stromregulierung). Diese Fernmesseinrichtung arbeitet nach dem Prinzip des selbsttätigen Potentiometers. Koaxial zu dem übertragenden Messwerk liegt ein Gleichstromdrehspulensystem, das in Serie mit den Schleifkontakten des kreisrunden Potentiometerwiderstandes geschaltet ist. Stimmen die Stellungen beider Messwerke nicht überein, so wird einer von zwei Kontakten geschlossen, die einen Motor vorwärts oder rückwärts treiben, um den Potentiometerkontakt zu verstellen, bis der Strom im Drehspulenkreis so gross geworden ist, dass das Drehspulensystem den gleichen Ausschlag zeigt, wie das zu übertragende System. In Reihe mit den zwei Gleichstrominstrumenten des Gebers liegt über eine Fernleitung der Empfänger. Der

⁴⁾ Transactions A. I. E. E. 1924, Seite 303.

⁵⁾ Elektrojourn. 1928, Seite 61.

Strom beträgt ca. 10 mA. Es sind nur zwei Leitungen notwendig. Da der Stand des Hilfsdrehspulinstrumentes ausschliesslich durch die Höhe des Stromes bestimmt wird, haben Veränderungen der Hilfsspannung oder des Widerstandes in den Verbindungsleitungen keinen Einfluss auf die Anzeigen des Empfängers, solange der Erdausschlag noch nicht erreicht ist.

f) Methode von Hartmann & Braun mit direkter Stromregelung zur Fernmessung mit automatischer Kompensation⁶⁾ (s. Fig. 6). Das grundsätzliche Diagramm zeigt in

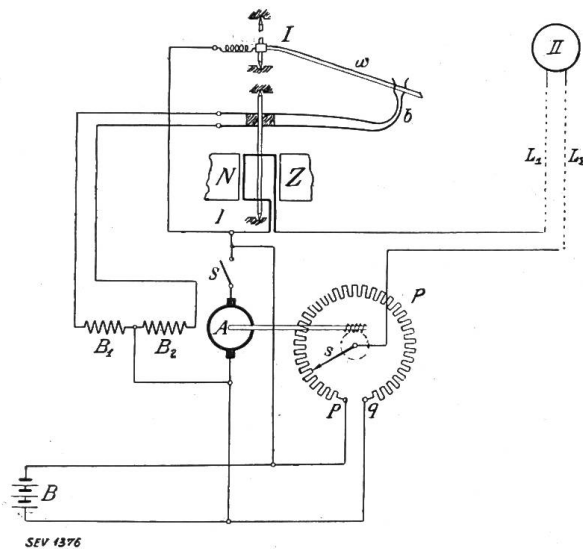


Fig. 5.

Schema der Fernübertragung nach dem Potentiometerverfahren von Evershed und Vignoles.

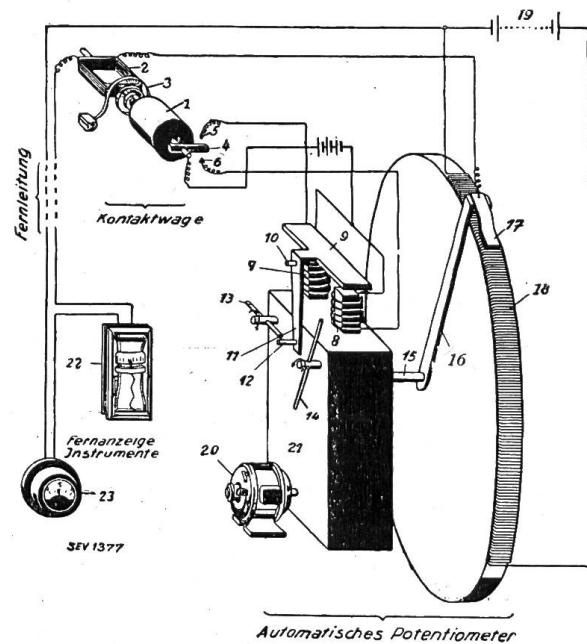


Fig. 6.

Schema der Fernübertragung mit automatischer Kompensation von Hartmann & Braun.

schematischer Darstellung die neue Fernmesseinrichtung von Hartmann & Braun. Hartmann & Braun kompensieren das Hauptmessinstrument 1 mit dem Hilfsmessinstrument 2 dadurch, dass sie das Drehmoment des letzteren als Richtmoment für das erstere gebrauchen. Dadurch entsteht eine Stromwage oder Kontaktwage, die allein dann im Gleichgewicht ist, wenn der Strom in der Drehspule 2 und somit in dem damit in Serie geschalteten Empfängern 22 und 23 diejenigen Werte aufweist, welche mit denen der zu messenden Grösse übereinstimmen. Bei jeder Abweichung schlägt die Wage aus und macht nach der einen oder andern Seite Kontakt (5 oder 6), wodurch der Strom in der Drehspule auf den richtigen Wert eingestellt wird. Hartmann & Braun gebrauchen dafür den in dem grundsätzlichen Schema sichtbaren automatischen Spannungsteiler 18. Der Motor 20 dreht zwei Achsen mit den beiden Hebeln 13 und 14 in entgegengesetzter Richtung unter Verwendung eines doppelten Differentialgetriebes. Auf der Achse 15 ist der Hebelarm 16 befestigt. Dieser dreht den Kontakt 17 des Potentiometers, der von einem Strom durchflossen wird, welcher von der Batterie 19 her stammt. Die Welle 15 ist mit Hilfe eines Differentialtriebwerkes derart mit den Wellen 13 und 14 gekuppelt, dass sie sich nicht dreht, wenn 13 und 14 dieselbe Geschwindigkeit haben. Erst wenn es dem Stifte 12, der an dem Hebelarm 9 befestigt ist, gestattet wird, weiter zu drehen, bewegt sich auch 15 in der einen oder andern Richtung. Die Bewegung von 9 wird gesteuert durch den Ausschlag der Kontaktwage nach der einen oder andern Seite, worauf die Spule 7 oder 8 erregt wird. Auch hier ist die Anzeige unabhängig von Schwankungen der Hilfsspannung und Änderungen des Leitungswiderstandes.

⁶⁾ E & M 1928, Seite 863.

2. Uebertragung durch Hilfsfrequenz ⁷⁾.

In Kalifornien ist eine interessante Anlage dieser Art gebaut worden. Es sollten von verschieden weit entfernten Unterstationen die einzelnen Lasten weiter gegeben und schliesslich dem Lastverteiler in sein Bureau gemeldet, sowie gleichzeitig, vom Ende beginnend, alle Belastungen addiert werden. Die Uebertragung erfolgte auf zwei Leitungen aus Kupferdraht mit 1000 bis 2000 V Spannung und Frequenzen von 20 bis 60 Per/s, je nach der gemessenen Belastung. Die Einrichtung arbeitet in der Weise, dass eine sogenannte Stromwage, auf die die zu messende Grösse (kW) und die Frequenz gegeneinander wirken, die Drehzahl eines kleinen Wechselstromgenerators steuert. Als Empfänger wird ein in kW geeichter Frequenzmesser benutzt.

Durch eine ziemlich komplizierte Einrichtung ist es möglich, mit dem Geber der nächsten Station eine neue Frequenz weiter zu übermitteln, die um den Betrag der selbsterzeugten Leistung erhöht wird, so dass schliesslich der Lastverteiler die Gesamtsumme erhält. Das Verfahren hat sich bis jetzt gut bewährt, ist aber in den Apparaten teuer und erfordert starke, teure Leitungsquerschnitte (mehrere 100 Dollars pro Meile für Kupfer allein), weil ca. 40 Watt bis ans andere Ende geleitet werden müssen. Die Apparatur erfordert auch eine gewisse Pflege. Der Vorteil besteht darin, dass eine Gefahr für das Auftreten von Störungen durch die Impedanz der Leitungen oder durch Isolationsfehler als ausgeschlossen erscheint.

3. Umformung der Messgrössen selbst in Gleichstrom.

a) *Verwendung von Gleichrichtern.* Viel bedeutsamer als die oben geschilderten Verfahren sind die Methoden, bei denen ohne irgend eine Hilfsbatterie gearbeitet und die Messgrösse selbst in Gleichstrom umgeformt, bei denen also eine der Messgrösse proportionale Gleichspannung ohne Hilfsbatterie erzeugt wird. Für Strom- und vor allem für Spannungsmessungen lassen sich mechanische oder elektrolytische Gleichrichter (auch Trockengleichrichter) zur Umformung des Wechselstromes in Gleichstrom verwenden. Allerdings werden dabei nur die arithmetischen Mittelwerte statt der effektiven Werte erfasst. Die so erzeugten Gleichspannungen sind den zu übertragenden Strömen und Spannungen verhältnismässig. Mit diesem Verfahren kann man Spannungen bis zu 10 V erzeugen.

b) *Verfahren von Fawsett von der New Castle-on-Tyne Electric Power Supply Company und der Cambridge Instrument Co. Verwendung von Thermoumformern ⁸⁾*

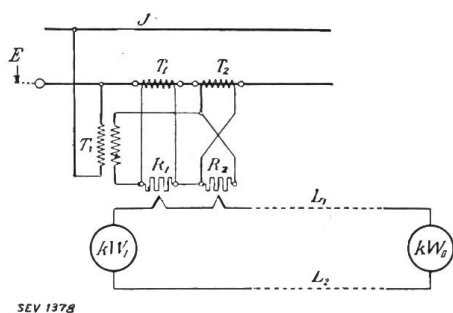


Fig. 7.

Schema der Fernübertragung mit Thermoumformer nach dem Verfahren von Fawsett und der Cambridge Instrument Co.

(s. Fig. 7). Da wir weiter oben gesehen haben, dass nicht zu kleine Gleichspannungen ohne Schwierigkeit auf grössere Entfernungen übertragen werden können, liegt es auf der Hand, auf die eine oder andere Weise darnach zu trachten, Gleichspannungen zu erzeugen, die bekannte Funktionen der zu messenden Grössen sind.

Das Verfahren von Fawsett verwendet sogenannte Thermoumformer, d. h. Hitzdrahtanordnungen, bei denen die erzeugte Gleichspannung einerseits proportional mit dem Quadrate des Stromes oder dem Quadrate der Spannung, andererseits proportional mit der Leistung zunimmt. Allerdings ist die auf diese Weise erzeugte

Gleichstrom-elektromotorische Kraft sehr klein, nur von der Grössenordnung von 20 bis maximum 50 mV, so dass sehr subtile und hochempfindliche Empfangsinstrumente benutzt werden müssen und infolgedessen die überbrückbaren Entfernungen nur ca. 10 bis 20 km betragen.

⁷⁾ Transactions A.I.E.E. 1924, Seite 306.

⁸⁾ Siehe Druckschriften der Cambridge Instrument Company.

Das prinzipielle Schema veranschaulicht die Schaltung für das Messen und die Fernübertragung von Leistungen bei einem Einphasenstromkreis. Die beiden Heizwicklungen R_1 und R_2 der Thermoumformer sind derart mit den Sekundärwicklungen der Stromtransformatoren T_1 und T_2 und des Spannungstransformators T_3 verbunden, dass durch die eine ein Strom fließt, der übereinstimmt mit der Differenz, und durch die andere ein Strom, der übereinstimmt mit der Summe zweier Ströme, welche mit der Spannung E und dem Strom J des Einphasensystems proportional sind. Die resultierende EMK ist dann, wie sich mathematisch nachweisen lässt, proportional mit der Leistung $E \times I \times \cos \varphi$, die dann durch empfindliche Drehspulinstrumente nicht nur in der Senderstation (KW_1), sondern auch in der Empfangsstation (KW_2) angezeigt werden kann. Veränderungen des Widerstandes in den Verbindungsleitungen üben einen gewissen Einfluss auf die Grösse des Ausschlages des Instrumentes aus. Ein Nachteil besteht also in der Abhängigkeit der Anzeige von der Veränderung des Leitungswiderstandes infolge von Temperaturschwankungen oder von Isolationsfehlern.

c) *Elektrische Tachometer (Zähler mit Gleichstromdynamo). Telewattsystem*⁹⁾. Die Rotationsgeschwindigkeit des beweglichen Systems eines Elektrizitätszählers ist bekanntlich proportional der gemessenen Leistung. Sie kann also mit Hilfe eines elektrischen Tachometers oder Geschwindigkeitsmessers auf Abstand übertragen werden.

Die *Compagnie pour la Fabrication des Compteurs et Matériel d'Usine à Gaz* (französisches Patent No. 585292 vom 18. Juli 1924) und die *Aronwerke in Berlin-Charlottenburg* kuppeln bei dem Fernmesssystem Telewatt mit dem Elektrizitätszähler einen kleinen selbsterregten Gleichstromgenerator, dessen elektromotorische Kraft proportional der Umdrehungszahl der Zählerachse und damit bei der Uebertragung einer Leistung proportional der letzteren ist. Die Gleichstromdynamo ist selbst wiederum ein Amperestundenzähler, der aber eine Wicklung aus sehr dünnem Draht und einen vielteiligen Kommutator aufweist. Der kleine Gleichstromgenerator gibt bei voller Drehzahl eine Spannung von etwa 1 V ab, bzw. 100 mV bei 10% Belastung. Infolgedessen ist der Aktionsradius auf 50 bis höchstens 100 km beschränkt, was allerdings für die meisten Fernmessprobleme der Praxis ausreicht. Als Anzeigedepot an der Empfangsstation dient ein empfindliches Drehspulgalvanometer, dessen Skala in kW geeicht ist. Ist dieses Drehspulgalvanometer mit einer Registriervorrichtung versehen, so kann fortlaufend die Energieabgabe aufgezeichnet werden. Es lassen sich nach diesem System auch Summationen von Messgrößen vornehmen, wobei mehrere Sender-Dynamo in Reihe geschaltet sind, deren Spannungen sich summieren. Es kann somit die Summe der Einzelleistungen der Generatoren und Umformer eines Werkes mit einem einzigen Instrument an einer beliebigen Stelle abgelesen werden.

4. Impulsverfahren.

Neben den soeben geschilderten Verfahren kommt heutzutage die grösste Bedeutung den sogenannten Impulsverfahren zu, insbesondere in all den Fällen, wo wegen der Benutzung bestehender Wechselstromsprechnetze und sonstiger Wechselstromleitungen von vorneherein auf alle Gleichstromverfahren verzichtet werden muss.

Bei den Impulsverfahren werden in Abständen von 0,1 bis 10 Sekunden, bzw. nach Durchfluss bestimmter Energiemengen Stromstösse ausgesandt, also die zu übertragenden Messgrößen in Stromimpulse umgeformt. Alle Verfahren dieser Art geben eine Fernübertragung unabhängig vom Leitungswiderstand und unabhängig von den Schwankungen der Spannung einer Hilfsbatterie. Sie eignet sich auch ohne besondere Massnahmen zur Hochfrequenzübertragung mit und ohne Leitungen. Direkte oder induktive Beeinflussungen durch Starkstromlinien sind bei diesen Verfahren sozusagen ausgeschaltet.

⁹⁾ Elektrizitätswirtschaft 1928, No. 459, S. 263; 1929, No. 475, S. 99. — E.T.Z. 1928, No. 8, S. 282; No. 49, S. 1326; 1929, No. 10, S. 351. — Elektrojournal 1929, No. 13, S. 137.

Je nachdem die zu übertragende Messgrösse der Zeitdauer, der kontinuierlichen Frequenz oder der Zahl der ausgesandten Stromimpulse während einer bestimmten Periode proportional ist, unterscheidet man das Impulszeitverfahren, das Impulsfrequenzverfahren und das Impulszahlverfahren.

a) *Impulszeitverfahren der Deutschen Telephonwerke & Kabelindustrie A.-G., Berlin*¹⁰⁾ (s. Fig. 8 und 9). Die Dauer t der Periode der auftretenden Stromimpulse hängt ab von der zu messenden Grösse (konstante Frequenz $f = \frac{1}{T}$). Die Einrichtung ist in Fig. 8 schematisch dargestellt.

In der Verlängerung der Drehachse des Zeigers des Messinstrumentes liegt die Achse der Scheibe d , die durch einen nicht gezeichneten Synchronmotor durch einen Riemen mit konstanter Geschwindigkeit angetrieben wird. Der Punkt s ist verbunden mit dem positiven Pol der Batterie B und macht in jeder Umdrehung einmal Kontakt mit c , wodurch die Spule S_1 erregt wird, und das andere Mal mit dem Zeiger w , wodurch die Spule S_2 ihrerseits erregt wird. Zuzufolge der Erregung der Spule S_1 wird der Schalter a und demzufolge der Stromkreis nach der Empfängerstation geschlossen. Ausserdem wird noch ein zweiter Kreis über den Schalter b , der sich in geschlossener Stellung befindet, gebildet, wodurch die Spule S_2 auch dann erregt bleibt, wenn s den Kontakt c wieder verlassen hat.

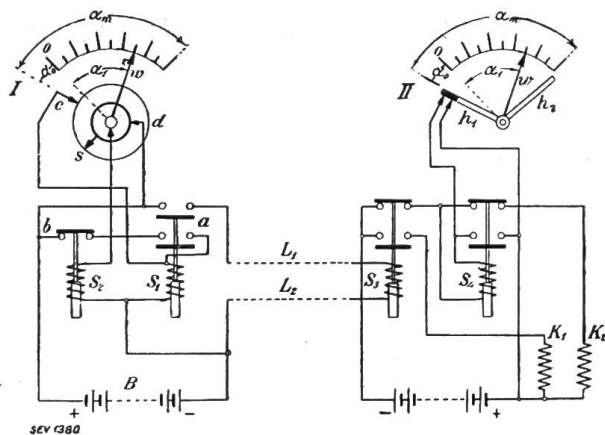


Fig. 8.

Schema der Fernübertragung nach dem Impulszeitverfahren der Deutschen Telephonwerke und Kabelindustrie A.-G., Berlin.

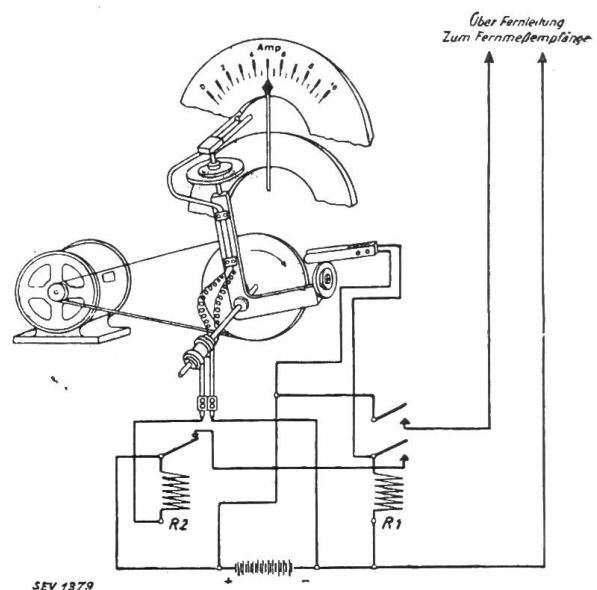


Fig. 9.

Schema des Fernmessgebers nach dem Impulszeitverfahren der Deutschen Telephonwerke und Kabelindustrie A.-G., Berlin.

Erst wenn s mit dem Zeiger w in Berührung kommt, wird zuzufolge der Erregung von S_2 der Schalter b geöffnet. Demgemäss wird S_1 stromlos und öffnet den Schalter a , so dass kein Strom mehr nach der Empfängerstation fliesst. Die Dauer des Strompulses ist somit:

$$t = \frac{\alpha_0 + \alpha_1}{2\pi} \cdot T,$$

wobei T die Zeit bedeutet, in der die Scheibe d eine Umdrehung vollbringt. Das Verhältnis $t:T$ ist somit ein Mass für die zu übertragende Grösse. Sie muss in der Empfängerstation auf die eine oder andere Weise verwendet werden, um eine Anzeige des Empfängers II zustande zu bringen.

¹⁰⁾ Elektrizitätswirtschaft 1928, No. 452, S. 81. — E & M 1928, No. 46, S. 1060.

Dieser hat zwei Mitnehmerarme h_1 und h_2 , die auf derselben Drehachse sitzen wie der Zeiger des Empfangsinstrumentes. Beide Arme können sich zwischen den Stellungen bewegen, die durch $\alpha = 0$ und $\alpha = \alpha_m$ gekennzeichnet sind. Sie werden durch einen Synchronmotor mit Hilfe von Zahnradübersetzungen und magnetischen Kupplungen (in der Abbildung sind allein die Wicklungen K_1 und K_2 gezeichnet) bewegt, und dabei wird h_1 in der Richtung des Uhrzeigers mit der Winkelgeschwindigkeit $\frac{2\pi}{T}$ und h_2 in entgegengesetzter Richtung angetrieben.

Wenn die magnetischen Kupplungen stromlos sind, bleibt h_1 auf seinem Platze stehen und h_2 kehrt unter der Einwirkung einer Feder stets in die äusserste Lage rechts zurück. Während der Zeit $t = \frac{\alpha_0 + \alpha_1}{2\pi} \cdot T$ fliesst ein Stromimpuls durch die Spule S_3 , so dass die magnetische Kupplung K_1 während dieser Zeit unter Strom steht. Der Arm h_1 und somit der Zeiger w , der durch h_1 stets nach rechts mitgenommen wird, macht somit einen Ausschlag $\alpha_1 + \alpha_0$.

Sobald der Stromimpuls von der Sendestation abgeschickt worden ist und die Spule S_3 somit in die gezeichnete Stellung zurückkehrt, fliesst durch die Spule K_2 ein Strom. Der Mitnehmer h_2 beginnt seine Bewegung nach links und bringt dadurch h_1 wieder in die äusserste Lage zurück. Dadurch wird ein Kontakt geschlossen, wodurch die Spule S_4 erregt und somit die magnetische Kupplung K_2 stromlos wird. Der Mitnehmer h_2 kehrt unmittelbar nach der äussersten Stellung rechts zurück.

Das Spiel beginnt aufs neue und alles ist offenbar in Ordnung, sofern der folgende Ausschlag grösser ist als der vorangehende ($\alpha_2 > \alpha_1$).

Für $\alpha_2 < \alpha_1$ ist es aber notwendig, dass der Zeiger aus der Stellung α_1 in die Stellung α_2 zurückgebracht wird. Darum trägt h_2 eine kleine Zunge, die den Zeiger w nach links nimmt, die aber weggedrückt wird, sobald h_2 gegen h_1 anstösst. Von diesem Augenblick an gehen h_2 und h_1 gemeinsam nach der äussersten Lage links zurück, aber der Zeiger w bleibt in der Stellung α_2 stehen.

Es sei noch erwähnt, dass der Strom nach der Spule S_2 in Wirklichkeit nicht durch den Zeiger w geleitet wird, sondern dass der Zeiger, der in der betreffenden Stellung mit Hilfe einer Gummirolle fest gegen eine Platte gedrückt wird, allein dazu dient, einen federnden Kontakt zu schliessen.

Fig. 9 zeigt den Senderapparat in schematischer Darstellung. Vor dem Zeigermessinstrument, dessen Stellung fern ablesbar sein soll, rotiert dauernd, durch einen kleinen Synchronmotor angetrieben, ein besonders durchgebildetes Abtastorgan in Form einer Rolle, das die jeweilige Entfernung des Zeigers vom Nullpunkt der Skala als Streckenlänge misst. Da die Abtastung mit konstanter Umdrehungsgeschwindigkeit vor sich geht, kann ohne weiteres durch Anwendung der einfachen Relaischaltung, die weiter oben beschrieben worden ist, die Ansprechzeit eines Relais von der Entfernung des Zeigers vom Nullpunkt und somit also von seiner jeweiligen Stellung in Abhängigkeit gebracht werden. Die Zeitdauer der Impulse ist somit abhängig von der zu übertragenden Messgrösse, und zwar proportional dem Ausschlagwinkel des Geberinstrumentes.

Das Relais steuert über die Fernleitung oder über irgend ein anderes Uebertragungssystem den am Ableseort aufgestellten Fernmessenempfänger, der im wesentlichen wiederum aus einem kleinen Synchronmotor besteht, welcher mittels elektromagnetischer Kupplungen Mitnehmerarme zeitweise dreht und einen Zeiger entsprechend der Ansprechzeit des Impulsrelais am Geber einstellt. Die einzelnen Messimpulse erfolgen etwa alle zwei Sekunden, so dass der Empfangszeiger alle zwei Sekunden eine Nachdrehung erfährt und somit dauernd in Uebereinstimmung zur Zeigerstellung des Messinstrumentes im Fernmessgeber gebracht wird.

b) *Das Impulszahlverfahren. Das Impulszahlverfahren der Deutschen Telefunken-gesellschaft für drahtlose Telegraphie, Berlin* ¹¹⁾. Bei den sogenannten Impulszahl-

¹¹⁾ Druckschriften der D.T.G. für drahtlose Telegraphie.

verfahren werden die in einer Zeiteinheit abgegebenen Stromimpulse gezählt. Die Anzahl n , die in einer bestimmten Zeit T ausgesandt wird, hängt ab von der zu messenden Grösse. Gerade wie bei dem Impulszeitverfahren kommt es hier auf das Verhältnis $t : T$ an, wobei aber t nicht mehr durch die Dauer eines der periodisch auftretenden Stromimpulse bestimmt wird, sondern durch die Anzahl in gleichen Zeitintervallen gegebenen Impulse.

Bei dem von der Deutschen Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie in Berlin ausgearbeiteten Impulszahlverfahren gibt die Sendevorrichtung auf einen Zähler Kontakte oder Stromstösse, die eine beliebig festzusetzende Zeit lang, z. B. eine jede Minute, oder auch alle 10 oder 15 Minuten aufgespeichert werden, um dann unter Verwendung von Bauteilen aus der selbsttätigen Telephonie nach Zehnern und nach Einern getrennt übertragen zu werden.

Als Geber wird also bei diesem Verfahren ein Zähler benutzt, der bei jeder Umdrehung einen oder mehrere Kontakte durch kurze Stromimpulse schliesst. Es ist gewissermassen die Fernübertragung eines Maximumzählers unter Zuhilfenahme von Konstruktionsteilen aus der automatisch Vielfachtelephonie. Der Maximumzeiger schaltet während einer Periode ein Schrittwerk weiter. Am Ende der Summierperiode läuft dieses zurück und sendet in rascher Folge (bis zu 10 in der Sekunde) Impulse in die Leitung, die an der Empfangsstelle ein ähnliches Schrittwerk von 0 aus auf den erreichten zu übertragenden Summierwert schaltet. Die normale Summierperiode oder Zählerperiode von 15 oder 30 Minuten kann erheblich verkürzt werden auf 5, 3 oder 2 Minuten. Momentanwerte kann man also mit diesem Verfahren nicht übertragen. Die Methode eignet sich ohne weiteres für die Summierung der Angaben von verschiedenen räumlich getrennten Gebern.

c) Impulsfrequenzverfahren.

a) Impulsfrequenz-Kondensatorverfahren (s. Fig. 10).

Bei diesem Verfahren¹²⁾ ist die kontinuierlich gemessene Häufigkeit (Frequenz) f der Stromimpulse proportional der zu messenden Grösse. Auf diesem Prinzip beruht die sogenannte *Impulsfrequenz-Kondensatormethode der Westinghouse Electric and Manufacturing Co., Pittsburgh, Pa.*, sowie die von der *Sangamo Electric Co., Springfield (Illinois)* und der *Siemens & Halske A. G., Berlin*, durchgebildeten Verfahren.

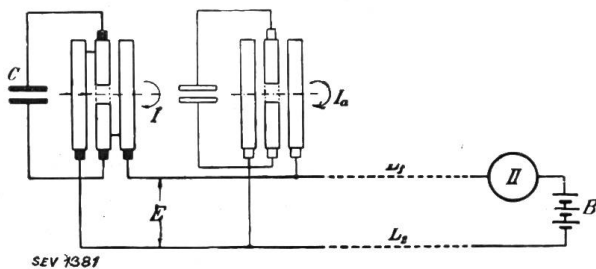


Fig. 10.

Schema der Fernmessung nach dem Impulsfrequenz-Kondensatorverfahren.

Werden die Belege eines Kondensators C , die auf eine Spannung E geladen sind, umgepolt, dann geht damit eine Ladungsveränderung von der Grösse $2CE$ vor sich. Geschieht eine solche Umpolung mittels eines $2p$ teiligen Kommutators, der $n/60$ Umdrehungen pro Sekunde macht, so dass die Frequenz $f = pn/60$ be-

trägt, dann ist der mittlere Strom $2fCE$. Nimmt man beispielsweise einen Kondensator mit 1 Mikrofara Kapazität, dessen Belege an 100 V Gleichspannung (Hilfsbatterie) angeschlossen sind, so fliesst bei jeder Ladung über den Kommutator durch ein zwischen geschaltetes Ampèremeter etwa 0,1 mA/s (10^{-4} Coulomb) für jede Ladung und Entladung, also für jede Umpolung 0,2 mA/s. Bei 6 Impulsen pro Sekunde erhält man also einen mittleren Ladestrom von 1,2 mA, was mit empfindlichen Instrumenten angezeigt und auch registriert werden kann. Man nimmt ein gut gedämpftes Drehspulinstrument mit einem nicht zu leicht beweglichen System. Als Geber wird wiederum ein Zähler mit einer Kontakteinrichtung benutzt. Der

¹²⁾ Electrical Journal 1924, S. 355 -- Siemens-Zeitschrift, 1929, No. 3 und 4, S. 157 und 225. -- Helios (Export-Zeitschrift) 1929, No. 44 und 45, S. 1535 und 1567. -- Druckschriften der Sangamo Electric Co. (U. S. A.).

Ausschlag des Zeigerinstrumentes ist direkt proportional der Geschwindigkeit des Geberzählers, also proportional der Impulsfrequenz und somit der Messgrösse selbst.

Im Gegensatz zu dem geschilderten Impulszahlverfahren gibt das Impulsfrequenzkondensator-Verfahren nur Momentanwerte der zu messenden Grösse. Es ist somit durchaus geeignet für das Messen einer Leistung, und zwar sowohl einer Wirk- wie Blindleistung mit Hilfe eines Elektrizitätszählers.

Dieses Verfahren bietet wesentliche Vorteile und wird vorwiegend in den U. S. A. angewendet. Es wird auch bei den neuesten Fernmesseinrichtungen der Siemens & Halske A.-G. benutzt.

Um das lästige Funken und somit die frühzeitige Abnutzung des Kommutators zu vermeiden, lässt man meistens bei der konstruktiven Ausführung den Kondensatorstrom nicht direkt, sondern über ein Relais durch den Kommutator schalten. Die Stromimpulse selbst können über Telephonleitungen mit Kuppeltransformatoren („Uebertrager“) die Empfangsstation erreichen, um dort den Mittelwert der Stromstösse auf hochempfindlichen Gleichstrommilliampèremetern anzuzeigen. Diese Anzeigemessinstrumente können dabei sowohl in der Sender- wie in der Empfängerstation vorhanden sein.

Dieses Verfahren erlaubt ausserdem verschiedene Varianten, insbesondere auch in bequemer Weise die Summierung verschiedener Leistungen, wobei man entweder die Impulszahlen proportional der Messgrösse macht, also einen Geber für eine kleine Leistung langsamer laufen lässt als einen für grosse Leistungen, oder aber, wenn besondere Leitungen verlegt werden können, die Kondensatoren verschieden gross macht. Die von Siemens & Halske ausgearbeiteten Fernmesseinrichtungen mit unmittelbarer Impulsübertragung auf den Fernsprechleitungen oder die leitungsgeschaltete Hochfrequenzübertragung verwenden dieses Messprinzip. Es lässt sich unter Verwendung eines Hilfspotentiometers, an das ein Geberzähler angeschlossen wird, zur Uebertragung beliebiger Messwerte gebrauchen.

Die Sangamo Electric Co. benutzt die Kondensatormethode zur Fernzählung: wenn man nämlich die Stromimpulse auf ein Zählwerk schickt, so erhält man eine einfache Fernzählung. Hat der Zähler einen besonders schnell wirkenden Kommutator (die Sangamo Electric Co. gibt für ihre Konstruktion $\frac{1}{50}$ Sekunde Umschaltzeit an), so kann man die Angaben mehrerer Zähler beliebiger Stromart (z. B. Gleichstrom kW und Drehstrom kW verschiedener Frequenz) addieren, ohne dass dabei ein merklicher Fehler entstände. Die Sangamo Electric Co. hat einen Dauer Versuch mit 10 Zählern und einem Empfänger gemacht und dabei diesen Summenfehler zu etwa 0,6 % festgestellt. Man schaltet zu diesem Zwecke die Impulsleitungen einfach parallel. Die Sangamo Electric Co. benutzt für die Fernzählung nicht das eigentliche Kondensatorprinzip, sondern polarisierte Relais, wie sie sonst bei elektrischen Nebenuhren verwendet werden.

β) Impulsfrequenzverfahren der Landis & Gyr A.-G., Zug¹³⁾.

(s. Fig. 11 bis 15.)

Das von der Landis & Gyr A.-G. in Zug ausgearbeitete Impulsfrequenzverfahren beruht darauf, dass die nach Durchfluss einer bestimmten Energiemenge oder einer andern physikalischen Grösse (Gas-, Wasser-, Wärmemengen, Umdrehungszahlen, Druckunterschiede, Kolbenhübe) abgegebenen Impulse gezählt werden. Das Verfahren eignet sich auch insbesondere für die Fälle, wo es sich um die Bestimmung des höchsten Leistungsmittelwertes mehrerer Netze, bezogen auf eine bestimmte Zeitperiode, handelt.

Der Landis & Gyr Summenzähler erfüllt die Forderung, die Angaben der in die einzelnen Leitungen geschalteten Zähler zu addieren. Ihre Zählwerke werden mit einer Kontaktvorrichtung ausgestattet, welche nach Durchfluss einer bestimmten Energiemenge, die für alle Zähler gleich gross sein muss, einen Kontakt kurzzeitig

¹³⁾ Siehe auch Druckschrift TB III 535 d der Landis & Gyr A.-G., Zug.

schliesst. Die Kontakte der einzelnen Zähler sind durch Leitungen mit Relais verbunden, welche sich im eigentlichen Summenzähler befinden. Dieser hat so viele Relais als Kontaktzähler vorhanden sind, jedem einzelnen Kontaktzähler ist ein besonderes Relais im Summenzähler zugeordnet. Nach Erregung eines solchen

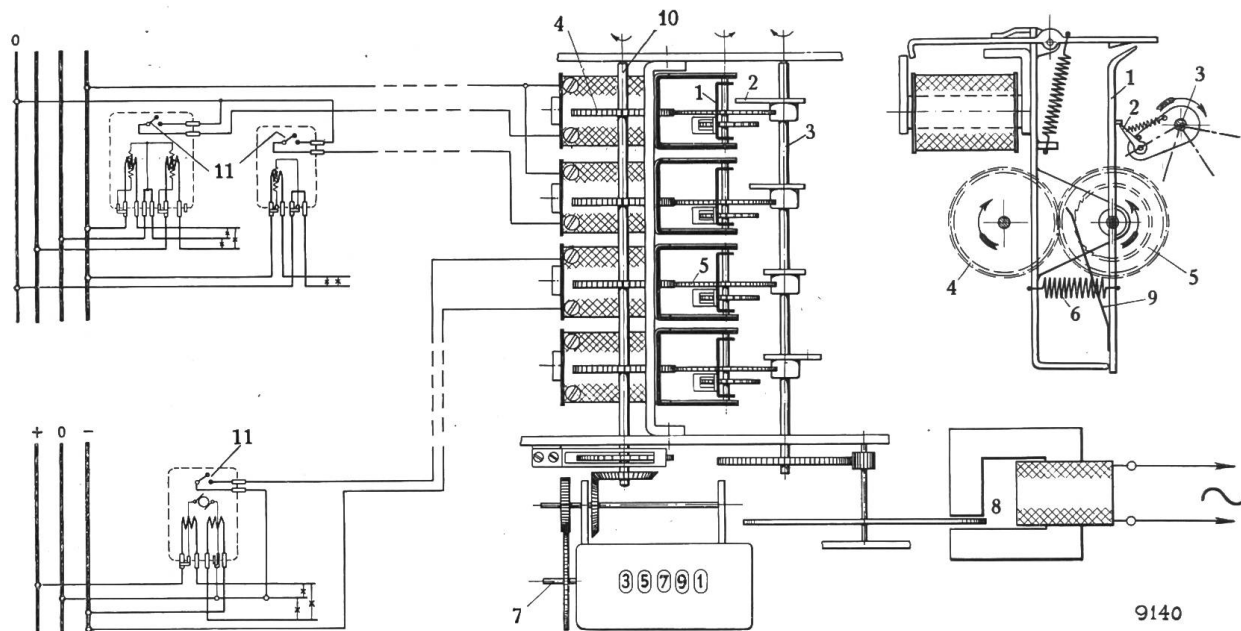


Fig. 11.

Grundständiges Schema der Summenfernmessung nach dem System Landis & Gyr A.-G., Zug.

Relais werden die Zahlenrollen des Summenzählwerks um die entsprechende Anzahl kWh vorwärtsgeschoben, wobei durch besondere Vorsichtsmassnahmen dafür gesorgt ist, dass das Zählwerk auch dann richtig registriert, wenn die Kontaktgabe für mehrere Relais gleichzeitig erfolgt. Die Arbeitsweise des Summenzählers geht aus dem in Fig. 11 dargestellten grundsätzlichen Schema hervor. Als Beispiel ist ein Apparat mit 4 Relais gewählt worden, wobei das eine durch einen Drehstromzähler, das andere durch einen Einphasen-Wechselstromzähler, das dritte durch einen Gleichstrom-Dreileiterzähler betätigt wird. Das vierte Relais ist nicht angeschlossen.

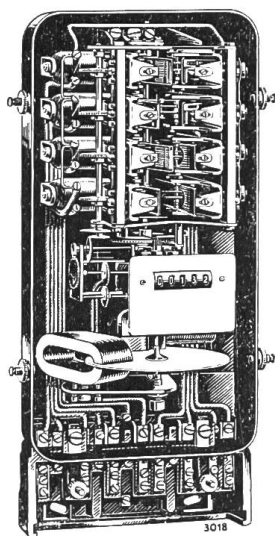


Fig. 12.

Totale Ansicht des Summenzählers, System Landis & Gyr A.-G.

Wird ein Relais erregt, so zieht es seinen Anker an, wodurch der Hebel 1 freigegeben und durch eine Feder 6 gegen die Nockenwelle 3 zu bewegt wird, die von einem Ferrarismotor 8 fortlaufend angetrieben wird. Gleichzeitig greift eine am Hebel 1 angebrachte Ratsche 9 über einen Zahn des Rades 5. Auf den entgegengesetzten Enden der Hebel 1 sitzen Nasen, auf welche die Schalnocken 2 aufstossen, wodurch die Hebel wieder zurückbewegt und durch die Sperrklinken der Relais-Anker festgehalten werden. Zu gleicher Zeit nimmt nun die Ratsche 9 des Hebels 1 das Rad 5 mit und schaltet es um einen Zahn weiter. Die Räder 4 sitzen auf einer gemeinsamen Achse, der sogenannten Totalisatorachse 10, von der aus das Summenzählwerk 7 angetrieben wird. Da die Schalnocken 2 gegeneinander radial und axial versetzt sind, so erfolgt die Rückwärtsbewegung der Hebel 1 und damit der Antrieb des Zählwerkes zu verschiedenen Zeitpunkten, auch dann, wenn die Relais gleichzeitig ansprechen sollten.

Die Kontaktvorrichtung, mit der die Zähler ausgerüstet sind, kann grundsätzlich an allen Zählwerken der Landis & Gyr Konstruktion angebracht werden, wobei aber diese unter Umständen teilweise umgebaut oder ergänzt werden müssen. Die Uebersetzung von der Schneckenradachse auf die Achse der Kontaktvorrichtung kann durch die Wahl verschiedener Uebersetzungsverhältnisse in weiten Grenzen verändert und jeweils der Nennleistung der Zähler angepasst werden. Jede Kontaktgabe entspricht dem Durchfluss einer bestimmten Anzahl kWh oder anderer

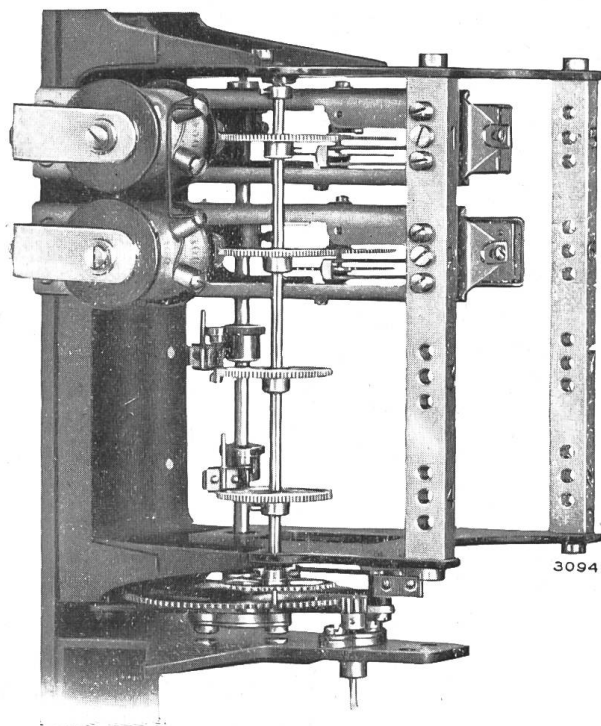


Fig. 13.

Schaltmechanismus des Summenzählers, System Landis & Gyr A.-G

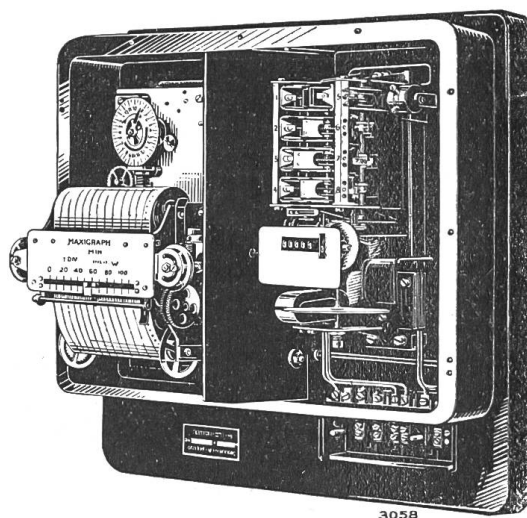


Fig. 14.

Summenmaxigraph der Landis & Gyr A.-G.

Einheiten durch den betreffenden Messapparat. Werden also z. B. Elektrizitätszähler verschiedener Nennleistungen an den gleichen Summenzähler angeschlossen, so ist ohne weiteres klar, dass beim Zähler mit kleinerer Nennleistung der Anker eine grössere Anzahl Umdrehungen machen muss, bis ein Kontakt erfolgt, als bei einem Zähler mit grösserer Nennleistung.

Aus dem allgemeinen Aufbau des Summenzählers geht hervor, dass die Kontaktgabe auch bei einem allfälligen Stillstand des betr. Zählers im kritischen Augenblick nur kurze Zeit währen darf. Bei einer längeren Kontaktdauer könnte es vorkommen, dass die Schaltwelle während ein und derselben Kontaktgabe sich mehrmals drehen und den Schalthebel zwei oder mehrere Male zurückstossen würde, wodurch eine Fehlmessung entstünde. Die Kontaktgabe erfolgt daher durch ein kleines Fallgewicht, so dass die Kontaktdauer nur ca. $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{20}$ Sekunden beträgt. Damit die durch die Kontaktvorrichtung erzeugte zusätzliche Reibung auf ein Mindestmass herabgesetzt wird, sind ihre Achsen fast ausschliesslich auf Edelsteinen gelagert. Der zusätzliche Fehler beträgt daher im ungünstigsten Falle, d. h. wenn die Kontaktgabe im kürzesten Zeitraum von $7\frac{1}{2}$ Ankerumdrehungen des Zählers erfolgt (bei einem Drehmoment von rund 8,5 cmgr bei Nennlast), rund 1,5% für einen Zweisystemzähler bei $\frac{1}{20}$ Belastung. Finden die Kontakte in längeren Zeitabständen statt, so verringert sich der Fehler entsprechend.

Soll ein Einphasenzähler mit einer Kontaktvorrichtung ausgestattet werden, so führt man ihn als Zweisystemzähler aus, um das Drehmoment möglichst gross und den zusätzlichen Fehler dadurch möglichst klein zu halten.

Da bei Rücklauf des Zählers eine unzulässig lange Kontaktgabe erfolgen würde, werden Zähler mit Kontaktvorrichtung stets mit einer Rücklaufhemmung versehen.

Durch das Vorsehen einer besondern Kraftquelle (Ferraris-Motor) können die Relaisströme äusserst gering (ca. 10 mA) gehalten werden, so dass die Entfernung zwischen Summen- und Kontaktzähler keine wesentliche Rolle spielt (Fernmessprinzip).

Dem schwachen Steuerstrom entsprechend können die Relais und die Schalter, sowie die zu ihrer Betätigung dienenden Vorrichtungen in den Abmessungen klein gehalten werden, wodurch erreicht wird, dass die einzelnen Zähler durch die Schalteinrichtung nur wenig belastet werden, was im Interesse der Genauigkeit sehr vorteilhaft ist.

Trotz des geringen Bedarfs an mechanischer Energie zur Nachschaltung des Summenzählwerks ist das Drehmoment der fortdauernd rotierenden Nockenwelle (Schaltwelle) verhältnismässig gross gewählt, wodurch ein sicheres Funktionieren des Apparates gewährleistet wird. (Unentbehrliche Bedingung dabei ist natürlich die Zuverlässigkeit der Stromquelle für den Ferraris-Triebmotor; bei Vorhandensein zweier voneinander unabhängiger Stromquellen ist es deshalb angezeigt, ein Relais vorzusehen, das den Ferraris-Motor beim Ausbleiben der Spannung einer Quelle auf die andere umschaltet.)

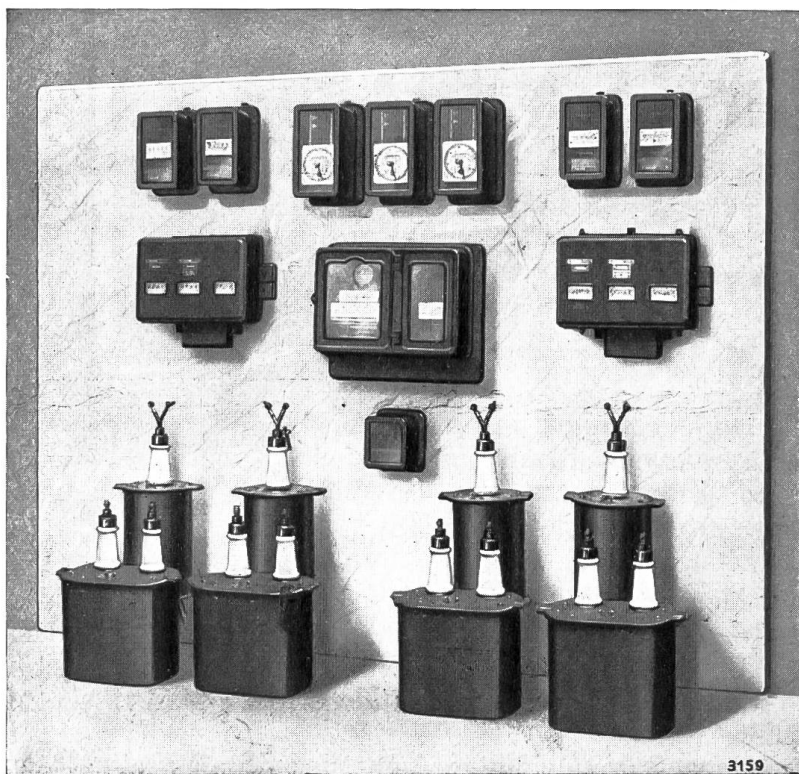


Fig. 15.

Messgruppe für Summenfernmessanlage.

(Schaltwelle) verhältnismässig gross gewählt, wodurch ein sicheres Funktionieren des Apparates gewährleistet wird. (Unentbehrliche Bedingung dabei ist natürlich die Zuverlässigkeit der Stromquelle für den Ferraris-Triebmotor; bei Vorhandensein zweier voneinander unabhängiger Stromquellen ist es deshalb angezeigt, ein Relais vorzusehen, das den Ferraris-Motor beim Ausbleiben der Spannung einer Quelle auf die andere umschaltet.)

Dank der Möglichkeit des Vorsehens einer gemeinsamen Rückleitung von dem Summenzähler zu den einzelnen Kontaktzählwerken kann die Zahl der notwendigen Steuerleitungen stark eingeschränkt werden. Unter Umständen können auch die Erde oder andere schon vorhandene Leitungen als Rückleitung benutzt werden.

Durch die achsiale und radiale Versetzung der Nocken auf der Schaltwelle wird auch im Falle des gleichzeitigen Ansprechens mehrerer Relais eine falsche Registrierung vermieden, indem alle übertragenen Impulse zur Wirksamkeit gelangen.

Eine weitere Massnahme für die Richtigkeit und Sicherheit der Registrierung besteht darin, dass die Nocken auf der Schaltwelle nachgiebig angeordnet sind und der Vorderteil der Kliniken derart schmal ausgebildet ist, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Fehlschaltung, praktisch genommen, null ist.

5. Induktionsverfahren der Fa. Trüb, Täuber & Cie., Zürich.

Ein System das mit Wechselstrom als Hilfsstrom arbeitet und das als automatisches Wechselstromkompensationsverfahren aufzufassen wäre, ist dasjenige der

Firma Trüb, Täuber & Cie., Zürich. Es beruht auf der Verwendung der sog. Induktionsdynameters als Geber- und Empfangsapparat¹⁴⁾.

Fernsummierung und Schlussbetrachtung.

Mit der Fernmessung wird häufig gleichzeitig, wie wir eingangs schon bemerkt haben, die Fernsummierung verlangt, sei es zu Verrechnungszwecken, wenn ein Abnehmer an weit auseinanderliegenden Punkten zu verschiedenen Zeiten Höchststrom entnimmt, sei es zur einfachen Beobachtung und Betriebsüberwachung. Dazu kann man, wie wir oben gesehen haben, sowohl Gleichstrom als auch Impulsverfahren verwenden. Besonders die letzteren sind dazu sehr geeignet. In den Vereinigten Staaten haben die Probleme der Fernsummenmessung eine grosse Bedeutung erlangt; so wird beispielsweise in einer amerikanischen Anlage unter Verwendung von 8 Zwischenrelaissätzen in verschiedenen Netzen die Leistung von 48 Punkten auf einen einzigen Summenzähler übertragen und dort in Zeiträumen von je 15 Minuten aufgezeichnet.¹⁵⁾

Auch die Einrichtungen, die man unabhängig davon in Deutschland und in der Schweiz entwickelt hat, arbeiten ähnlich. So hat beispielsweise die Landis & Gyr A.-G. in Zug eine Fernsummenanlage für die Schwedischen Staatsbahnen in Stockholm geliefert, die für die elektrifizierte Eisenbahnlinie Stockholm-Göteborg zur Anwendung gelangt. Es werden dabei die Zählwerksangaben von je zwei Unterstationen in einem Summenzähler zusammengefasst, um von dort aus nach einer Zentralstelle übertragen zu werden, wo sie auf einem dritten Summenzähler gemeinsam mit den Angaben einer weiteren Unterstation zur Registrierung gelangen. Als Hin- und Rückleitung werden dabei zwei Adern eines Schwachstromkabels verwendet; als Stromquelle zur Betätigung der Kontaktrelais ist Gleichstrom, zur Betätigung der Ferraris-Motoren der Summenzähler Wechselstrom vorgesehen.

Das ganze Gebiet der elektrischen Fernmessung ist zum Teil noch als in den ersten Anfängen stehend zu betrachten, zum Teil befindet es sich in vollem Fluss der Entwicklung. Es lässt sich zurzeit noch nicht überblicken, welche Aufgaben damit endgültig gelöst und welche Mittel aus der grossen Zahl der bereits bestehenden Vorschläge sich dafür als die zweckmässigsten erweisen werden. Jedoch soll ausdrücklich hervorgehoben werden, dass sich durch ausgedehnte Anwendung der verschiedenen Fernmessverfahren für die Betriebsführung grosser Ueberlandwerke und Stromverteilungssysteme Perspektiven von erheblicher praktischer Bedeutung eröffnen.

Der *Vorsitzende* dankt dem Referenten für seine Ausführungen und eröffnet die Diskussion über das vorgetragene Thema.

Dr. *Täuber-Gretler*, Zürich, macht einige Angaben über das von der Firma Trüb, Täuber & Co. entwickelte Fernmeßsystem. Da sich der Inhalt des Vorgetragenen im wesentlichen mit demjenigen der in der heutigen Nummer des Bulletins erscheinenden Technischen Mitteilung der Firma Trüb, Täuber & Co. (siehe Seite 144), deckt, verweisen wir auf diese Mitteilung und verzichten hier auf einen ausführlichen Diskussionsbericht.

W. *Beusch*, Landis & Gyr A.-G., Zug, weist darauf hin, dass sich heute das Bedürfnis für die Summen- und Fernmessung bei den Elektrizitätswerken immer mehr geltend mache. Auch in der Schweiz verwenden einige Werke diese Art der Messung. Das E. W. der Stadt Zürich ist im Begriffe, die gute Versorgung der Stadt Zürich mit elektrischer Energie durch Speisung von einigen günstig gelegenen Punkten aus sicher zu stellen. Ganz bestimmt wird sich auch hier das Bedürfnis, die Leistungen und Energielieferungen von einer zentralen Stelle aus zu überwachen, geltend machen. Zur Frage der Uebertragung von Stromimpulsen mit Hilfe von Kabeln ist zu erwähnen, dass es durch eine Art Pupinisierung der Kabel gelingt, solche Impulse auf grosse Distanzen sicher zu übertragen. Dieses neue Verfahren besitzt gegenüber dem alten den Vorteil, dass es vom Leitungswiderstand und von Widerstandsänderungen sowie vom Isolations-

¹⁴⁾ Bull. S.E.V. 1926, No. 12, S. 545; 1928, No. 12, S. 395; 1930, No. 4, S. 144. — E. u. M. 1929, No. 47, S. 189.

¹⁵⁾ Journal A. I. E. E. 1928, No. 47, Seite 222.

widerstand der Leitung unabhängig ist. Zudem kann die Uebertragung mittels Hochfrequenz direkt auf den Hochspannungsleitungen erfolgen. Es ist direkte Anzeige, Registrierung und Summierung mehrerer Messwerte möglich.

Kleiner, Kraftwerke Oberhasli-Innertkirchen, glaubt, dass der Hauptgrund der nur langsamen Einführung des Fernmeßsystems in der Schweiz darin zu suchen ist, dass dessen Anlagekosten heute noch zu hoch sind. Die Oberhasliwerke verwenden heute das Potentiometerverfahren, um in Innertkirchen die Belastungsverhältnisse ihrer in mehreren Zentralen untergebrachten Generatoren zu überwachen und zu dirigieren. Jede Maschine besitzt eine Gebereinrichtung, welche nach Innertkirchen deren Erregerspannung, Erregerstrom und die Wirk- und Blindleistung überträgt. Gegenwärtig studieren die Oberhasliwerke auch die Frage des für eine Summenfernmessung in ihren Anlagen anzuwendenden Systems, denn es macht sich heute bereits dafür das Bedürfnis bemerkbar. Wahrscheinlich wird ein für Hochfrequenzübertragung geeignetes System gewählt werden. Der Sprechende gibt sodann der Hoffnung Ausdruck, dass es besonders den schweizerischen Konstruktionsfirmen bald gelingt, ein Fernmeßsystem auf den Markt zu bringen, das in allen Beziehungen einwandfrei arbeitet und zugleich bedeutend billiger zu stehen kommt als die gegenwärtig bestehenden.

Da das Wort zu diesem Diskussionsthema nicht mehr verlangt wird, dankt der *Vorsitzende* allen Anwesenden für ihr Erscheinen, insbesondere aber den Herren Referenten und Diskussionsrednern für ihre Ausführungen. Er schliesst sodann die Konferenz um 15 Uhr 50.

Grossküchen als Stromabnehmer.

Unter Verwendung eines Referates, gehalten an der Tagung über Fragen der Elektrizitäts-Werbung und -Verwertung, in Luzern, am 20. November 1929, von Dipl.-Ing. Fr. Mörtzsch, Berlin.

641.586:621.311.15

An Hand von Beispielen wird gezeigt, wie durch Anschluss von Grossküchen die Belastungsverhältnisse der Elektrizitätswerke gleichförmiger gestaltet werden können. Diese Betrachtung wird durchgeführt für einfache Kasinobetriebe, Krankenhäuser und Gaststättenbetriebe. Die Einführung der Grossküche ist in vielen Fällen auch für den Energiebezüger mit wirtschaftlichen Vorteilen verbunden; dies trifft besonders für Grossabnehmer zu, für welche der Verrechnung der bezogenen elektrischen Energie die Belastungskurve zugrunde gelegt wird.

L'auteur montre à l'aide d'exemples comment la charge des centrales d'électricité peut être régularisée par l'alimentation de cuisines électriques de grande puissance, en particulier dans les cuisines hôpitaux et hôtels. La cuisine électrique en grand présente en outre dans bien des cas, un avantage économique pour le consommateur lui-même, à qui l'énergie utilisée est facturée en tenant compte de sa courbe de charge.

Die Elektrizitätswerke haben bei der Erschliessung neuer Absatzgebiete neben der Elektrifizierung des Haushaltes ihr Augenmerk vor allem auf solche Stromabnehmer gerichtet, die nicht nur möglichst grosse Strommengen abnehmen, sondern deren Belastungsverhältnisse auch eine wünschenswerte Ergänzung der Werksbelastung ergeben. In diesen Abnehmergruppen nehmen die Grossküchen sowohl hinsichtlich der Strommenge als auch der Zeit der Abnahme eine besondere Stellung ein.

Der jährliche Stromverbrauch elektrischer Grossküchen liegt etwa zwischen 50 000 und 300 000 kWh. Selbst kleinere Gaststätten, Kasinos und dergl. weisen dabei schon recht beachtliche Verbrauchszahlen auf. So hat eine Gaststätte mit 150 Sitzplätzen einen Strombedarf von etwa 100 000 kWh, während Grossgaststätten und grössere Hotelküchen bis auf 300 000 kWh und mehr kommen. Selbstverständlich weisen derartige Betriebe auch entsprechend hohe Anschlusswerte auf. Als Richtwerte können die in Fig. 1 wiedergegebenen Zahlen gelten. Es sind hierbei drei verschiedene Küchenbetriebe besonders angeführt, die auch bei den späteren Untersuchungen über den Belastungsverlauf immer wiederkehren. Beim einfachen Kasinobetrieb, wie er in Arbeiter- und Angestellten Speiseanstalten häufig anzutreffen ist, wird ein Einheitsessen (meist bestehend aus Suppe, Fleisch, Gemüse, Nachtisch) zu einer festgelegten Ausgabezeit und in einer mehr oder weniger festliegenden Anzahl ausgegeben. Bei Krankenanstalten kommt hierzu eine zweite Mahlzeit in den zeitigen Abendstunden. Auch werden neben dem Einheitsessen