

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 37 (1946)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Ein neues Zentralsteuerungssystem ohne Steuerdraht für Verteilnetze  
**Autor:** Grob, O.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061098>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 03.04.2026

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

Luft abzuspülen. Bei sehr nassem Material (Grenzfall Wasser) dagegen scheint er ganz vorwiegend thermischer Natur zu sein. Diese Vermutung wird dadurch bestätigt, dass die zur Erreichung des Durchschlags nötige Energie zwischen den beiden Kugelelektroden nach Fig. 35 nur wenig von der Dauer des Stosses abzuhängen scheint (400...500 cal), ferner dadurch, dass sich die Bildung von Dampfblasen als Wegbereiter des Durchschlags bei Stoss recht schön verfolgen lässt, wie zum Schluss noch zu beschreiben ist (Fig. 40). In dieser Figur ist die obere Kugel nach Fig. 35 durch eine Spitze ersetzt.

Bei kleiner Stoßspannung zeigt sich an der Spitze lediglich eine schwache Leuchterscheinung. Das Oszillogramm zeigt einen glatten Strom- und Spannungsverlauf. Bei grösserer Stoßspannung entsteht zuerst ganz am Ende des Spannungsrückens der Durchschlag als feiner, schwach leuchtender Kanal mit begrenzter Ausdehnung. Je höher die Stoßspannung gewählt wird, um so früher erscheint der Durchschlag, und um so stärker leuchtet und knallt er. Dieser Durchschlag erfolgt nicht immer in einer

Stufe, sondern z. T. über eine Vorentladung, die sich im Oszillogramm äussert, und die offenbar der Bildung einer starken Dampfblase entspricht. Es geht über den Rahmen dieses Berichts hinaus, die verwickelten dynamischen Vorgänge bei der Durchschlagentstehung in einer Dampfblase zu untersuchen, doch dürften sie in physikalischer Hinsicht von Interesse sein, da somit der Durchschlag von üblichem Brunnenwasser als eine Art «Wärmedurchschlag» zu bezeichnen ist. In welchen Grenzen der spezifische Widerstand bei diesem thermischen Vorgang variieren kann und was an dessen Stelle in schlechter leitenden Flüssigkeiten (z. B. in Oel statt in Wasser) tritt, bleibt eine offene Frage.

### 7. Literatur

- H. M. Towne, Gen. El. Rev. Vol. 31 (1928), S. 605.  
 L. Binder, Gewittertagung der Sächs. Werke, Dresden 1932.  
 H. Norinder und R. Nordell, CIGRE 1939, Nr. 302.  
 O. Münger, Bull. SEV 1940, Nr. 23, S. 529.  
 F. Ollendorff, Erdströme, Springer 1923.

#### Adresse des Autors:

Dr. K. Berger, Ingenieur, Versuchsleiter der FKH, Seefeldstrasse 301, Zürich 8.

## Ein neues Zentralsteuerungssystem ohne Steuerdraht für Verteilnetze

Von O. Grob, Uster

621.398.2

*Es wird ein sehr einfaches und wirtschaftliches System zur zentralen Fernsteuerung von Mehrfachtarifzählern, Heisswasserspeichern, Strassenbeleuchtungen usw. in Verteilnetzen beschrieben. Das System, welches ohne Steuerdraht mit Tonfrequenzüberlagerung arbeitet, gestattet pro Steuerfrequenz die Uebertragung von 20 Doppelbefehlen. Durch Ausnützung des Faktors Zeit ist es gelungen, die nötige Steuerenergie auf 0,15 ‰ der maximalen Netzleistung zu reduzieren. Die Steuerenergie wird hierzu pro Befehl verhältnismässig lange gesendet, in jedem Empfänger während der Steuerzeit vorerst als elektrostatische Energie gespeichert und dann innert kurzer Zeit an das zu betätigende Relais abgegeben. Die Einspeisung der Steuerenergie erfolgt ins Mittel- oder Niederspannungsnetz über Kopplungskondensatoren. Ausser dieser Ankopplung sind keine Aenderungen am Netz nötig. Kommandogerät, Steuerfrequenzmaschinen, Ankopplungsschaltung und ein Empfängertyp werden im Detail beschrieben. Zum Schluss wird auf ausgeführte Probeanlagen verwiesen.*

*L'auteur décrit un système économique et très simple de commande à distance centralisée de compteurs à tarifs multiples, de chauffe-eau, d'éclairages publics, etc. dans les réseaux d'électricité. Ce système, qui travaille par superposition de fréquence musicale sans fils pilotes, permet la transmission de 20 doubles commandes par fréquence d'émission. L'énergie de commande nécessaire a pu être réduite au 0,15 ‰ de la charge maximum du réseau en faisant travailler le facteur temps. L'énergie est donc émise relativement longtemps par commande; dans chaque récepteur elle est premièrement accumulée, pendant la durée de la commande, à l'état d'énergie statique, puis appliquée en un très court instant au relais à actionner. L'émission de l'énergie de commande a lieu dans le réseau de tension intermédiaire ou dans celui à basse tension à travers des condensateurs de couplage. Aucun changement autre que ce couplage n'est nécessaire dans le réseau. L'appareil de commande, le groupe convertisseur de fréquence, le schéma de couplage et un type de récepteur sont décrits en détail. Pour terminer, quelques installations d'essais sont citées.*

Die Vorteile der zentralen Fernsteuerung von Mehrfachtarifzählern, Heisswasserspeichern, Strassenbeleuchtungen, Pumpen usw. in Netzen zur Verteilung elektrischer Energie werden heute von allen Fachleuten anerkannt<sup>1)</sup>.

Wenn trotzdem von einer allgemeinen Verbreitung der bisher bekannten Fernsteuerungssysteme heute noch nicht die Rede sein kann, so liegt der tiefere Grund hierzu wohl darin, dass die Einführung dieser Fernsteuerungssysteme einerseits verhältnismässig grosse Kosten verursacht und andererseits in den Kraft- und Unterwerken viel Platz beansprucht.

<sup>1)</sup> D. Burger, «L'action à distance», Bull. SEV 1945, Nr. 25, S. 829.

«Fernmessen, Fernsteuern und Fernregulieren»; Bericht über die Diskussionsversammlung des SEV vom 14. 12. 1940, Bull. SEV 1941, Nr. 26, S. 741...808.

Es wird im folgenden ein neues Fernsteuerungssystem beschrieben, das vergleichsweise grosse Einfachheit und Wirtschaftlichkeit mit fast unbeschränkten Ausbaumöglichkeiten verbindet.

Das neue System arbeitet im Prinzip folgendermassen: Von einer zentralen Stelle, z. B. von einem Unterwerk aus, werden dem Zwischenspannungsnetz (z. B. 16 kV) tonfrequente Steuerimpulse überlagert. Diese Impulse breiten sich über das ganze Netz aus und gelangen über die angeschlossenen Transformatoren in sämtliche Niederspannungsnetze. Da die Steuerimpulse *dreiphasig* ins Netz gespiesen werden, können Empfänger an jedem beliebigen Ort des Netzes zwischen irgendeinem Polleiter und Nulleiter, oder zwischen zwei beliebigen Polleitern angeschlossen werden. Die an den Empfangsapparaten eintreffenden Steuerimpulse betäti-

gen die angeschlossenen Stromkreise entsprechend den vom Sender ausgegebenen Befehlen.

Mit einer einzigen Steuerfrequenz können zwanzig verschiedene Doppelbefehle («Ein — Aus») übermittelt werden, wobei ein Empfänger, je nach Modell, gleichzeitig fünf, sechs oder zehn dieser Doppelbefehle ausführen kann. Reichen total 20 Doppelbefehle nicht aus, so können weitere Steuerfrequenzen eingesetzt werden, von denen jede wieder 20 Doppelbefehle zu bewältigen vermag. Auf diese Art ist es möglich, in einem und demselben Netz bis 400 voneinander unabhängige Doppelbefehle zu übertragen. Schaltfehler, hervorgerufen durch Netzunterbrüche während der Befehlsübermittlung, werden kurz nach Behebung des Netzunterbruches automatisch auskorrigiert.

Das prinzipiell Neue am vorliegenden Fernsteuerungssystem liegt darin, dass es gelungen ist, auf sehr einfache Weise jeden Empfänger mit einem Verstärker (ohne Radioröhren und ohne dauernden Energieverbrauch) auszurüsten, der die ankommenden Steuerimpulse leistungsmässig ca. 100mal verstärkt und erst hierauf auf das eigentliche Relais einwirken lässt. Diesem Impulsverstärker ist in erster Linie die Wirtschaftlichkeit und Einfachheit des vorliegenden Systems zuzuschreiben. Er beruht auf der Tatsache, dass elektrische Relais zu ihrer Betätigung Steuerleistung nur während sehr kurzer Zeit (Bruchteile von Sekunden) benötigen, während im vorliegenden Fall die Steuerleistung viel länger zur Verfügung gestellt werden kann. Gelingt es nun, die Steuerleistung  $P_s$  während einer bestimmten Zeit  $t_s$  zu speichern und die so gewonnene Energie

$$W_s = P_s t_s$$

in der kurzen Zeit  $t_R$  an das zu betätigende Relais abzugeben, so erhält das Relais die Leistung

$$P_R = P_s \frac{t_s}{t_R} \eta$$

In dieser Formel bedeutet  $\eta$  den Wirkungsgradfaktor der gesamten Speichervorrichtung. Der leistungsmässige Verstärkungsgrad der Vorrichtung beträgt:

$$V = \frac{t_s}{t_R} \eta$$

Aufbau und Schaltung dieses Verstärkers sind denkbar einfach (Fig. 1):

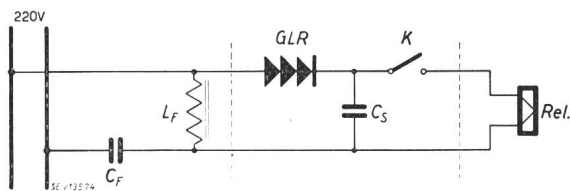


Fig. 1.  
Impulsverstärker

Die im Netz bei der Befehlsdurchgabe vorhandene tonfrequente Steuerspannung wird im Serienresonanzkreis, bestehend aus dem Filterkondensa-

tor  $C_F$  und der verlustarmen Spule  $L_F$ , ausgesiebt und an den Selengleichrichter  $GLR$  abgegeben. Die nun gleichgerichtete Steuerspannung lädt den Speicherkondensator  $C_S$  sukzessive auf. Der Kontakt  $K$  wird durch ein von einem kleinen Synchronmotor angetriebenes Nockenrad beispielsweise alle 5 s vorübergehend geschlossen. Ist nun der Speicherkondensator vor einer solchen Kontaktschliessung durch einen Steuerimpuls geladen worden, so betätigt der Kondensatorentladestrom bei der nächsten Kontaktschliessung wunschgemäss das Relais  $Rel$ .

Damit in den Empfängern nicht ständig ein Motor zur periodischen Betätigung des Kontaktes  $K$  laufen muss, und damit jene trotzdem jederzeit empfangsbereit sind, wird der Kontakt  $K$  durch eine kleine Glimmlampe ersetzt, die zündet und damit leitend wird, sobald die Ladespannung des Speicherkondensators die Zündspannung der Glimmlampe erreicht hat. Man erhält so einen sehr leistungsfähigen und sehr einfachen Verstärker, der trotz seiner stetigen Empfangsbereitschaft keine Energie verbraucht.

Der beschriebene «Impulsverstärker» hat aber ausser seiner Fähigkeit zur «Verstärkung» noch eine zweite, für den vorliegenden Verwendungszweck sehr wertvolle Eigenschaft:

Jedes Verteilnetz enthält nämlich sogenannte Störfrequenzen und Oberwellen, deren Frequenz zum Teil mit der Frequenz der Steuerimpulse übereinstimmt. Die Intensität der Oberwellen ist nach eingehenden Messungen in vielen Netzen schweizerischer Elektrizitätswerke normalerweise so klein, dass auf Tonfrequenz empfindliche Empfänger nicht auf sie reagieren. Bei ausserordentlichen Schaltvorgängen (Stössen oder Gewitterüberspannungen) wächst aber die Intensität der Oberwellen auf ein Vielfaches der normalen. Glücklicherweise klingen diese sehr hohen Oberwellen sehr rasch, d. h. in Bruchteilen von Sekunden ab, so dass es ihnen trotz ihrer Intensität nicht gelingt, den Speicherkondensator genügend zu laden und damit Fehlschaltungen zu verursachen. Die durch Störfrequenzen erzeugten Teilladungen des Speicherkondensators werden fortwährend durch Rückströme des Selengleichrichters wieder abgebaut, so dass keine Summierung solcher Teilladungen stattfinden kann. Das Speicherprinzip hat also ausser seiner Verstärkereigenschaft noch den Vorteil, dass die Empfangsrelais selbst auf ausserordentlich starke Oberwellenstösse, die in den Netzen bei Schaltstössen, Kurzschlüssen usw. auftreten, nicht reagieren. Die Empfänger bleiben beispielsweise gegen eine direkte Stoßspannungsbeanspruchung von 5000 V vollständig immun; sie reagieren auch auf einen mit der Arbeitsfrequenz übereinstimmenden Oberwellenstoss von über 20 V Spannung und 0,1 s Dauer noch nicht.

Die glückliche Kombination dieser beiden Eigenschaften (Verstärkung und Unempfindlichkeit gegen Stösse) ermöglichten, ein Fernsteuerungssystem aufzubauen, dessen kleiner und einfacher Sender imstande ist, selbst die grössten Netze auf einmal auszusteuern.

Als Faustregel gilt, dass die Steuerleistung auf ca. 0,15 % der maximal auftretenden Nutzleistung zu bemessen ist. Kapazitive Belastungen sind hierbei mit ihrem dreissigfachen Wert in Rechnung zu stellen.

Bevor Sender und Empfänger im einzelnen beschrieben werden, sei kurz die prinzipielle

**Arbeitsweise der Befehlsübermittlung**

erklärt. Zu einer solchen wird von der Sendestelle immer vorerst ein sogenannter Startimpuls ins Netz gegeben. Dieser bewirkt, dass sich in allen angeschlossenen Empfängern ein (normalerweise ruhender) Schaltarm mit einer bestimmten Geschwindigkeit an den zu betätigenden Schaltern vorbeizudrehen beginnt, wobei ein Schalter nach dem andern abgeschritten und betätigt wird. Die Drehbewegung des Schaltarmes verläuft in allen

Synchronisation zu befürchten sind. Soll nun zum Beispiel in allen Empfängern der Schalter Nr. 1 geschlossen werden, so gibt der Kontaktgeber des Senders in der Zeit, während welcher die Empfängerschaltarme sich im Bereiche der Schalter Nr. 1 befinden, einen sogenannten Betätigungsimpuls. Dadurch werden die Schaltarme achsial bewegt und betätigen wunschgemäss die Schalter Nr. 1. Eventuell schon geschlossene Schalter Nr. 1 bleiben hierbei geschlossen.

Sollen andererseits die Schalter Nr. 2 in den Empfängern geöffnet werden oder geöffnet bleiben, so sorgt der senderseitige Kontaktgeber dafür, dass in der Zeit, während welcher die Empfängerschaltarme sich im Bereiche der Schalter Nr. 2 befinden, kein Betätigungsimpuls gegeben wird. Die Schaltarme der Empfänger machen in diesem Falle keine Achsialbewegung und ein einfacher aber sinnreicher Mechanismus sorgt in allen Empfängern dafür, dass die Schalter Nr. 2 ausgeschaltet werden oder ausgeschaltet bleiben.

Die Betätigung der übrigen Schalter erfolgt analog. Hat der Schaltarm eines Empfängers sämtliche Schalter abgeschritten, so arretiert er sich automatisch in seiner Nulllage.

An Hand von Fig. 2 sei nun die

**Sendeanlage**

näher beschrieben. Sie zerfällt in drei Teile, nämlich:

1. ein Kommandogerät,
2. eine Frequenzumformergruppe,
3. eine Kopplungsanlage.

Das Kommandogerät enthält im wesentlichen zwanzig von Hand zu betätigende Befehlsschalter (numeriert von 1 bis 20), zwanzig von einer Mutteruhr zu betätigende Kontakte, einen Startkontakt und einen durch einen Synchronmotor angetriebenen Steuerschalter. Zur Befehlsdurchgabe von Hand wird vorerst jeder der zwanzig Befehlsschalter in die Stellung «Ein» oder «Aus» gebracht, je nachdem man die entsprechend numerierten Schalter in den Empfängern ein- oder ausgeschaltet haben will. Nach dieser vorbereitenden Handlung schliesst man den Startkontakt, worauf sich der Schaltarm des Steuerschalters (angetrieben durch den Synchronmotor S) zu drehen beginnt.

Dadurch erhalten die Klemmen b und c der Umformergruppe schaltungsgemäss 220 V Spannung nach dem in Fig. 3 dargestellten Impuls-Zeit-Diagramm.

Dieses befiehlt beispielsweise die Einschaltung aller Schalter mit den Nummern 2, 7, 8, 9, 12, 16,

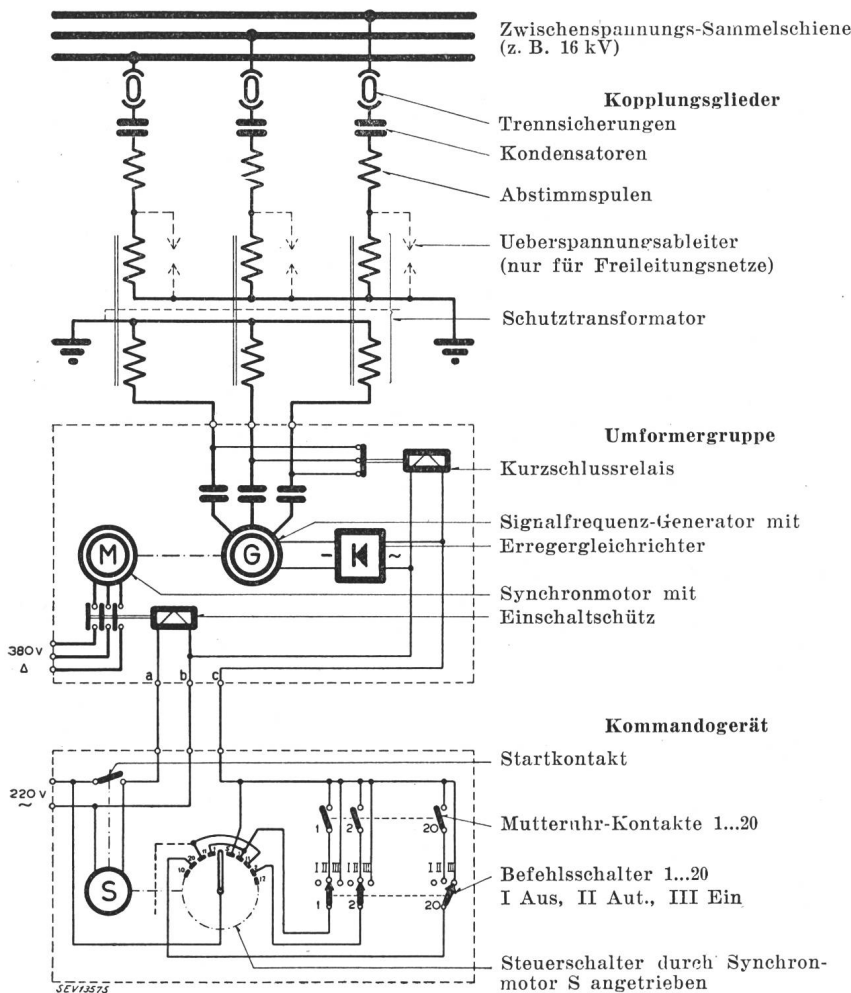


Fig. 2. Sendeanlage Vereinfachtes Schema

Empfängern synchron mit der Drehbewegung eines Kontaktgebers im Sender. Dieser Synchronismus ist durch den im Kommandogerät und die in allen Empfängern verwendeten Synchronmotoren gewährleistet. Fehler im Synchronismus bis ± 2,5 s sind belanglos und führen nicht zu Fehlschaltungen, so dass keinerlei Fehler infolge mangelhafter

17 und 20, sowie die Ausschaltung aller andern Schalter.

Will man die Schaltbefehle nicht von Hand auslösen, so bringt man die Befehlsschalter in die Stellung «automatisch», worauf eine Mutteruhr mit zwanzig voneinander unabhängigen Kontaktscheiben die Befehlsdurchgabe übernimmt.

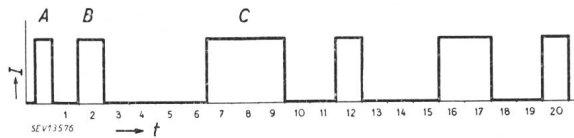


Fig. 3.  
Impuls-Zeit-Diagramm  
A Startimpuls; B, C... Betätigungsimpulse

Das Kommandogerät enthält ferner die folgenden Ueberwachungs- und Kontrollorgane, die in Fig. 2 der Einfachheit halber nicht eingezeichnet sind:

1. Zwei Kontrollempfänger, von denen jeder 10 Befehle empfängt.
2. Zwanzig Stellungsmeldelämpchen, die in Normalschaltung dann brennen, wenn der von den Kontrollempfängern effektiv ausgeführte Schaltzustand nicht mit dem befohlenen Schaltzustand übereinstimmt.
3. Ein Umschalter, der vorübergehend diejenigen der unter 2 aufgeführten Stellungsmeldelämpchen aufleuchten lässt, deren zugehörige Empfängerschalter geschlossen sind.
4. Eine automatische Startvorrichtung, die eine Befehlsreihe auslöst, sobald der befohlene Schaltzustand nicht mit demjenigen der Kontrollempfänger übereinstimmt.
5. Eine Alarmvorrichtung, die in den folgenden Fällen Alarm gibt:
  - a) Wenn der Schaltzustand der Kontrollempfänger selbst nach Ablauf einer Befehlsreihe immer noch nicht mit dem befohlenen Schaltzustand übereinstimmt.
  - b) Bei Ausfall der Netzspannung am Kommandogerät.
  - c) Bei Stillstand der Mutteruhr.

Die Frequenzumformergruppe ist denkbar einfach. Sie besteht aus einem selbst anlaufenden Syn-

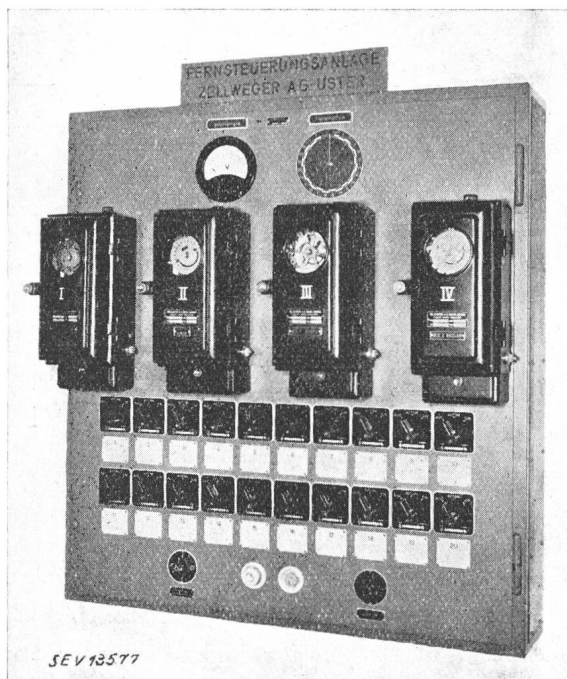


Fig. 4.  
Kommandogerät für 20 Doppelbefehle

chronreaktionsmotor und einem Tonfrequenzgenerator mit bewickeltem Stator und gezähntem Polrad. Die Gruppe besitzt weder Regler, noch Kollektoren oder Schleifringe, sie enthält also keinerlei heikle Teile und gewährleistet somit maximale Betriebssicherheit. Fig. 5 zeigt eine solche Gruppe für

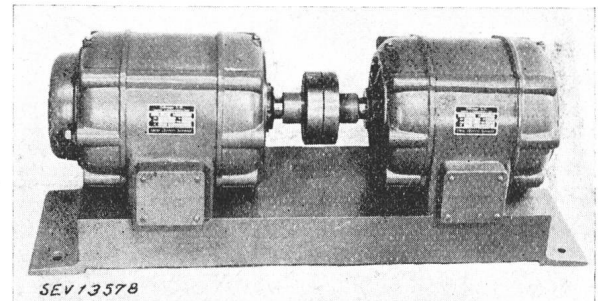


Fig. 5.  
Umformergruppe  
1,5 kW. für ein 10 000-kVA-Netz  
Länge über alles: 800 mm

eine Tonfrequenzleistung von 1,5 kW. Sie genügt für ein Netz mit einer Spitzenlast bis zu 10 000 kVA.

Die Gruppe wird mit Hilfe eines Schützens eingeschaltet, sobald an den Klemmen *a* und *b* Spannung liegt, d. h. sobald der Startkontakt des Kommandogerätes geschlossen wird. Tonfrequente Steuerleistung wird aber erst erzeugt, wenn auch der Erregergleichrichter des Generators über die Klemmen *b* und *c* vom Kommandogerät Spannung erhält. Während der Durchgabe einer Befehlsreihe rotiert also die Umformergruppe ständig; Steuerleistung gibt sie aber nur gemäss dem Impuls-Zeit-Diagramm (Fig. 3) ab.

Von der Umformergruppe wird die Steuerfrequenz dreiphasig über einen Schutztransformator, Abstimmspulen, Kopplungskondensatoren und Trennsicherungen an die Sammelschienen des auszusteuernenden Netzes geführt.

Betrieblich bietet die Parallelspeisung gegenüber der Seriespeisung wesentliche Vorteile. Die *Parallelspeisung* kann ohne jegliche Eingriffe an jedes vorhandene Sammelschienen-system angebaut werden; ihr Platzbedarf entspricht ungefähr einem normalen Schaltfeld. Während der Steuerungen müssen auf der Mittelspannungsseite keinerlei Schaltoperationen vorgenommen werden. Die Parallelspeisung versagt auch bei den kompliziertesten und vermaschten Netzen nicht.

Bei der Seriespeisung muss hingegen jeder abgehende Mittelspannungsstrang aufgetrennt und mit Kopplungs- und Schaltelementen ausgerüstet werden, wobei für jede vorzunehmende Steuerung diese Schaltelemente zu betätigen sind. Die Steuerungen können nicht im ganzen Netz gleichzeitig ausgeführt werden, vielmehr ist ein abgehender Strang nach dem andern auszusteuern. Bei vermaschten Netzen versagt die Seriespeisung vollständig.

In den Impulspausen schliesst ein Kurzschlussrelais die Sammelschienen über die Serieresonanzkreise der Kopplungsglieder für die Steuerfrequenz kurz. Dadurch wird ein grosser Teil der im Mittel-

spannungsnetz vorhandenen Störfrequenzen absorbiert und unschädlich gemacht.

Sofern ganze Zwischenspannungsnetze einheitlich angesteuert werden müssen oder dürfen, sind

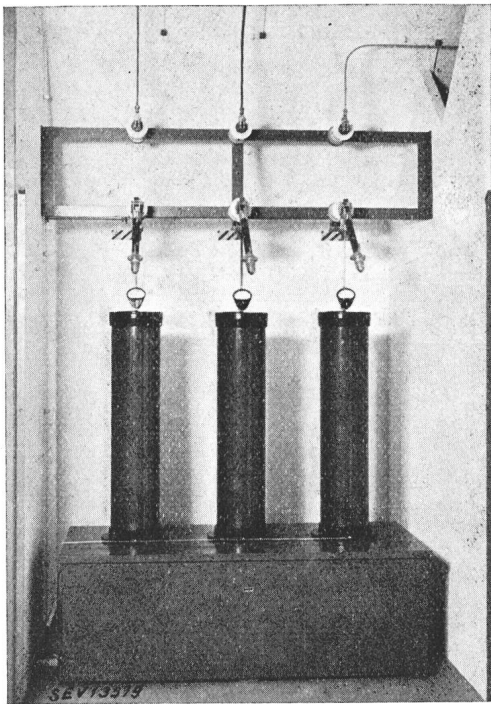


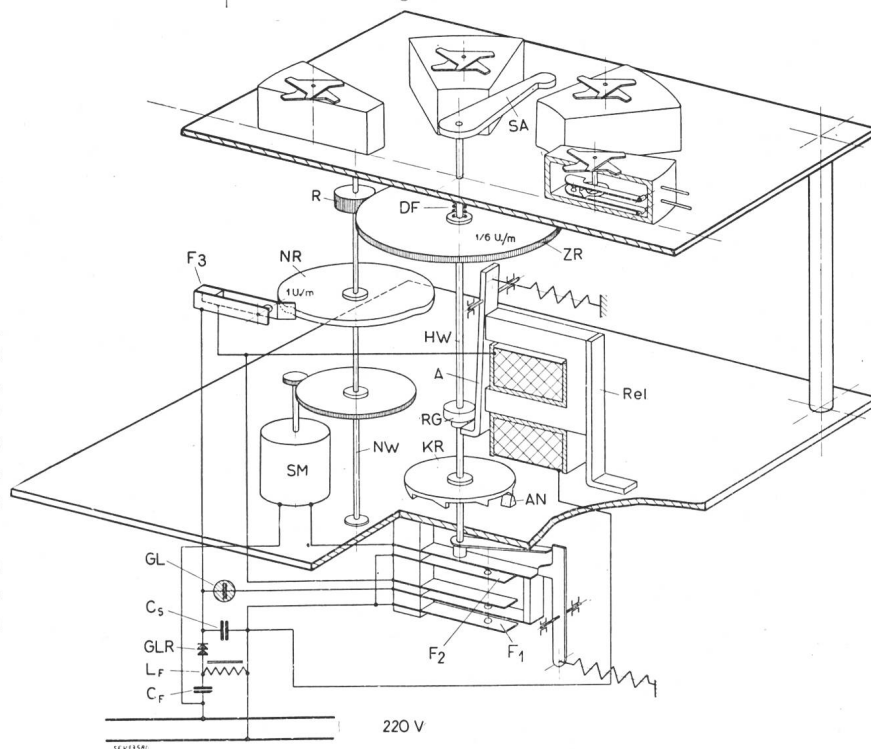
Fig. 6.  
Kopplungszelle  
für 16-kV-Netz

sogenannte Sperrkreise, die ein Uebertreten der Steuerspannung in fremde Netze verhindern sollen, nicht nötig. Die Sperrung wird in diesen Fällen ohne weiteres durch die Streuinduktivitäten der bereits vorhandenen Transformatoren Oberspannung/Zwischenspannung gewährleistet.

Dürfen dagegen nur in Teilen eines Zwischenspannungsnetzes Steuerimpulse überlagert werden, zum Beispiel nur im Netzteil einer Wiederverkäufergemeinde, so ist dieser Netzteil durch Sperrkreise in bezug auf die Steuerfrequenz vom übrigen Netz zu trennen.

Für Wiederverkäufergemeinden besteht aber auch die Möglichkeit, die Steuerimpulse direkt in

Fig. 7.  
Prinzipschema des Empfängers



die Niederspannungsnetze einzukoppeln, wodurch die teuren Hochspannungskopplungsglieder, sowie Sperren erspart werden können. Es ist in diesen Fällen möglich, bis ca. 15 Niederspannungsnetze von einer Sendeanlage aus zu bedienen, sofern von der Sendeanlage zu den einzelnen Transformator-

stationen Steuerdrähte zur Verfügung stehen. (In vielen Fällen genügen vorhandene Strassenbeleuchtungssteuerdrähte.)

An Hand der schematischen Darstellung Fig. 7 sei nun ein

### Empfänger

näher beschrieben:

Vom Netz (220 V) gelangen die Steuerimpulse in den Serieresonanzkreis, bestehend aus dem Filterkondensator  $C_F$  und der verlustarmen Filterspule  $L_F$ . Infolge Resonanzüberhöhung entsteht an den Klemmen der Filterspule  $L_F$  eine hohe Steuerspannung, die im Selengleichrichter  $GLR$  gleichgerichtet wird. Die so erhaltene Steuergleichspannung lädt den Speicherkondensator  $C_S$  langsam auf. Erreicht schliesslich die Kondensatorspannung die Zündspannung der Glimmröhre  $GL$ , so zündet diese, und der Kondensator entlädt sich schaltungsgemäss über den Kontaktfedersatz  $F_1$  und über die Wicklung des Relais  $Rel$ . Dessen Anker  $A$  wird dadurch unter dem Arretiering  $RG$  der Hauptwelle  $HW$  hervorgezogen, so dass sich die Hauptwelle  $HW$  unter dem Einfluss der Druckfeder  $DF$  um ca. 3 mm nach unten bewegt. Trotzdem der Kondensatorentladestrom durch das Relais  $Rel$  rasch abklingt, kann der Anker  $A$  vorläufig nicht in seine Ruhelage zurück, da seine Spitze nun an der Seitenwand des Ringes  $RG$  anstösst. Mit ihrer Bewegung nach unten hat die Hauptwelle  $HW$  den Kontaktfedersatz  $F_2$  geschlossen, was ein Anlaufen des kleinen Synchronmotors  $SM$  zur Folge hat. Dieser treibt erstens über ein

Zahnradgetriebe die Welle  $NW$  mit dem Nockenrad  $NR$ , ferner über das Ritzel  $R$  und das Zahnrad  $ZR$  die Hauptwelle  $HW$ . Das heisst: nach einem sogenannten Startimpuls beginnt sich die Hauptwelle  $HW$  mit dem Schaltarm  $SA$  wunschgemäss zu drehen.

Durch den Kontaktfedersatz  $F_1$  wurde gleichzeitig die Glimmröhre  $GL$  von der Relaiswicklung getrennt und direkt parallel zum Speicherkondensator  $C_s$  geschaltet. Die Entladung des Speicherkondensators  $C_s$  über die Relaiswicklung wird nun in der Folge nicht mehr durch die Glimmlampe, sondern durch den Kontaktfedersatz  $F_3$  vom Nockenrad  $NR$  gesteuert. Dieses Nockenrad  $NR$  schliesst den Kontakt  $F_3$  sofort nach dem Start des Synchronmotors  $SM$  und verhindert so, dass der Speicherkondensator durch einen eventuellen Rest des Startimpulses nochmals geladen und so einen ersten Betätigungsimpuls vortäuschen könnte. Durch das auf der Hauptwelle  $HW$  montierte Kronenrad  $KR$  und einen Auflaufnocken  $AN$  wird die Hauptwelle langsam in ihre obere Lage zurückgeschoben, bis sich der Anker  $A$  wieder unter den Ring  $RG$  auf der Hauptwelle schieben kann, wodurch die Hauptwelle vorläufig wieder in ihrer oberen Lage arretiert bleibt.

Unterdessen hat sich die Nockenscheibe  $NR$  soweit gedreht, dass der Kontakt  $F_3$  geöffnet worden ist. Der Speicherkondensator bleibt nun während fünf Sekunden (entsprechend der Form der Nockenscheibe) für die Aufspeicherung eines eventuellen ersten Betätigungsimpulses aufnahmefähig. Schliesst sich nach Ablauf dieser fünf Sekunden der Kontakt  $F_3$ , so entlädt sich der Speicherkondensator  $C_s$  über die Wicklung des Relais  $Rel$  (sofern der Kondensator  $C_s$  durch einen Betätigungsimpuls überhaupt geladen worden ist). Der Anker  $A$  des Relais zieht auf und gibt die Hauptwelle  $HW$  frei. Diese bewegt sich mit ihrem Schaltarm  $SA$  unter dem Einfluss der Druckfeder  $DF$  wieder um ca. 3 mm nach unten. Vom Moment des ausgelösten Startes bis zu dieser durch einen ersten Betätigungsimpuls hervorgerufenen Abwärtsbewegung der Hauptwelle  $HW$  mit dem Schaltarm  $SA$  hat sich dieser vor den ersten zu betätigenden Schalter Nr. 1 gedreht. Die Konstruktion dieses Schalters ist derart, dass er eingeschaltet wird oder eingeschaltet bleibt, sofern sich der Schaltarm in seiner untern Lage an ihm vorbeidreht. Umgekehrt wird der Schalter ausgeschaltet, oder er bleibt ausgeschaltet, sofern sich der Schaltarm in seiner oberen Lage an ihm vorbeibewegt. Das hat zur Folge, dass die Schalter Nr. 1 aller im Netz vorhandenen Empfänger eingeschaltet werden oder bleiben, wenn vom Sender ein Betätigungsimpuls Nr. 1 durchgegeben worden ist. Umgekehrt werden oder bleiben alle Schalter Nr. 1 ausgeschaltet, wenn vom Sender der Startimpuls, nicht aber ein Betätigungsimpuls Nr. 1 gesendet worden ist. Wie aus der Zeichnung leicht ersichtlich ist, schreitet der Schaltarm  $SA$  bei der Drehung der Hauptwelle  $HW$  alle zu betätigenden Schalter einen nach dem andern ab und lässt sie in ihrer oder bringt sie in die andere Stellung, je nachdem vom Sender ein entsprechender Betätigungsimpuls gegeben worden ist oder nicht. Ist die Hauptwelle  $HW$  durch einen Betätigungsimpuls in ihre untere Lage gebracht worden und hat sie durch Vorbeidrehen in dieser untern Lage den entsprechenden Schalter betätigt, so wird sie jeweils durch das Kronenrad  $KR$  vor Erreichung des

nächsten Schalters wieder in die obere Lage befördert.

Hat der Schaltarm eine vollständige Umdrehung gemacht, so werden durch einen Auslösemechanismus die arretierten Federsätze  $F_1$  und  $F_2$  wieder freigegeben. Damit wird der Synchronmotor abgeschaltet und stillgesetzt. Die Glimmröhre wird wieder in Serie zum Relais geschaltet; der Empfänger ist für eine neue Befehlsreihe aufnahmebereit.

Die totale Umlaufzeit beträgt 3 Minuten, d. h. während dieser Zeit können im ganzen Netz bis 20 Befehle durchgegeben und vollzogen werden.

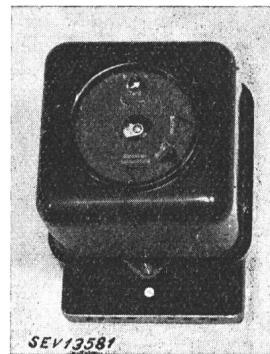


Fig. 8.  
Empfänger für 1..6 Doppel-  
befehle  
Dimensionen  
inkl. Anschlussklemmen  
225 × 135 × 126 mm

Fig. 8 zeigt die praktische Ausführung eines Empfängers, der bis 6 Doppelbefehle mit einer Schaltleistung von je 380 V und 10 A bewältigt. Einer der sechs Schalter kann zwei- oder dreipolig ausgeführt werden. In einem etwas grösseren Empfängermodell können gleichzeitig bis 11 Doppelbefehle, wovon mehrere zwei- oder dreipolig, empfangen werden.

Die Empfänger sind wesentlich einfacher als Schaltuhren mit entsprechenden Schaltmöglichkeiten, sie können deshalb auch billiger fabriziert und billiger in den Handel gebracht werden. In Anbetracht der Tatsache, dass auch die Anschaffungs- und Montagekosten der Sendeanlage minim sind, ist es möglich, die Sendeanlage in wenigen Jahren allein durch die Ersparnisse zu amortisieren, die gemacht werden können, wenn an Stelle des normalen Neubedarfs an Schaltuhren Fernsteuerungsempfänger eingekauft werden.

Die übrigen allgemein anerkannten Vorteile der zentralen Fernsteuerung (Wegfall der Uhrenreglage und der periodischen Uhrenverstellung, geringere Unterhaltskosten, Möglichkeit zur sofortigen Anpassung des Energiekonsums an die zur Verfügung stehende Leistung usw.) können also von den Werken vollkommen kostenlos ausgenützt werden.

Das beschriebene Fernsteuerungssystem wurde bereits während je einiger Tage in verschiedenen Netzen schweizerischer Elektrizitätswerke praktisch ausprobiert, beispielsweise in den grossen, stark vermaschten Kabelnetzen «Drahtzug» und «Letten» des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich, in den Netzen der städtischen Elektrizitätswerke von Bern, Neuenburg, La Chaux-de-Fonds und Le Locle, im ausgedehnten Ueberlandnetz der «Forces motrices du Val de Travers», sowie in vielen weiteren Netzen mittlerer Grösse. Alle diese Versuchsbetriebe verliefen in jeder Beziehung zufriedenstellend. Seit Ende

März 1946 befindet sich eine Probeanlage im Ueberlandnetz «Aathal» der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich dauernd im Betrieb. Dieses geographisch sehr ausgedehnte Netz speist einen grossen Teil des industriereichen Zürcher Oberlandes.

Dank der Einfachheit des Systems und nicht zuletzt dank der Parallelspeisung konnten alle erwähnten Vorführungsanlagen in kürzester Zeit und ohne jegliche Störung des Netzbetriebes eingebaut werden. Die Montage der Vorführungsanlage für

das ganze Netz der Stadt Bern nahm zum Beispiel nicht einmal ganz 4 Stunden in Anspruch.

Zum Schluss sei auch an dieser Stelle allen Betriebsleitungen, die in zuvorkommender Weise für die Versuche und Probeanlagen ihre wertvollen Ratschläge, ihr Personal und ihre Anlagen zur Verfügung gestellt haben, der verbindlichste Dank ausgesprochen.

Adresse des Autors:

O. Grob, Ingenieur, Unterbühlstrasse, Niederuster.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Mineralisierte, metallumhüllte elektrische Leiter

(Nach «Engineering» 1946, Nr. 4174)

621.315.33

Die Fortschritte, welche man in der Anwendung von gepulverten Mineralien als elektrische Isolation bei metallumhüllten Leitern erzielte, wurden kürzlich von F. W. Tomlinson und H. M. Wright im Schosse der englischen Institution of Electrical Engineers bekanntgegeben.

Obleich anorganische Isoliermaterialien gewisse Vorteile besitzen, war es bis vor kurzem nicht möglich, einen biegsamen Leiter damit zu bedecken. Wenn sie aber in Pulverform in eine Metallumhüllung gepresst werden, so verhalten sie sich in vielen Beziehungen wie diejenigen einer plastischen Isolation. Es können hiezu folgende Oxyde verwendet werden: Magnesium- und Aluminiumoxyd, Siluminoxyd, eine Mischung von Calciumoxyd oder Magnesiumoxyd und Boroxyd, ferner Berylliumoxyd, Glaspulver, Kaolin und Zirkon.

Magnesiumoxyd, der zu diesem Zwecke am meisten angewandte Stoff, ist ein ausgezeichnete elektrischer Isolator und, wenn gepresst, ein verhältnismässig guter Wärmeleiter, dazu temperaturbeständig bis zu hohen Temperaturen. Die dielektrische Festigkeit sinkt mit steigender Temperatur, steigt aber mit zunehmendem Druck. Bei einer Pressung von z. B. 450 kg/cm<sup>2</sup> hat Magnesiumoxyd ungefähr die 6fache Durchschlagfestigkeit von Luft.

Bei Heizelementen ist der üblicherweise verwendete Widerstandsdraht in die Pulverisolation eingebettet und im Zentrum der Metallumhüllung angeordnet. Um eine exakte Anordnung zu erreichen, wurden verschiedene Methoden entwickelt. Sie können in zwei Kategorien eingeteilt werden, nämlich in solche, wo die Isolation in dem für sie vorgesehenen Raum erzeugt wird, und in solche, wo die Isolation mit dem Leiter in die Umhüllung gelegt wird. Bei der Kabelfabrikation wird meistens so verfahren, dass das Magnesium in Zylinder gepresst wird, in welchen eine Anzahl Löcher für die Leiter vorgesehen sind. Diese Magnesium-Zylinder werden dann in ein Kupferrohr eingepresst, welches die Metallumhüllung des fertigen Kabels bilden muss. Nach Einlegen des Magnesium-Zylinders in die Umhüllung werden die Leiter durch die im Zylinder vorhandenen Löcher gezogen und nachher die ganze Anordnung durch einen Stempel gedrückt, um den Querschnitt zu vermindern, wobei die Magnesiumblöcke zu Pulver reduziert werden.

Kabel von diesem Typ wurden z. B. als Heizdrähte für Kochplatten verwendet, seitdem die gute Wärmeleitfähigkeit von gepresstem Magnesium eine Umhüllungstemperatur bis 750° C erlaubt. Für Licht- und Kraft-Installationen hat ein mineralisiertes Kabel den grossen Vorteil der Feuersicherheit. Ferner ist es genügend flexibel, um in Kanten und Ecken mit Leichtigkeit verlegt werden zu können. Die relative Lage der Leiter und der Umhüllung zueinander werden durch Biegung und Deformation (bis zu einem bestimmten Radius) nicht verändert. Die Kabel können auch in erhitzter und feuchter Umgebung oder in Oel verlegt werden, ohne Schaden zu nehmen. Weil beide, die Isolation aus Magnesium und die Umhüllung aus Metall, gute Wärmeleiter sind, kann ein solches Kabel bei gleicher Erwärmung höher belastet werden als ein mit organischen Isoliermaterialien aufgebautes. Im Vergleich mit anderen Kabeln, z. B. solchen mit Bleimantel und Kautschuk-Isolation, hat ein mineralisiertes

Kabel ein geringeres Gewicht und geringeren Platzbedarf. Z. B. benötigt die elektrische Installation eines Oeltankschiffes ca. 12 000 m von einem Querschnitt zwischen 1,0 bis 10 mm<sup>2</sup>. Das Gesamtgewicht eines kautschukisolierten Kabels mit Bleimantel beträgt rund 7000 kg. Dieses Gewicht konnte auf rund 3000 kg reduziert werden bei Verwendung von mineralisierten Kabeln. Der Platzbedarf reduzierte sich dabei von  $1,5 \cdot 10^6$  cm<sup>3</sup> auf  $0,7 \cdot 10^6$  cm<sup>3</sup>.

Während bei einigen der üblichen organischen Isolationen die Alterung eine Reduktion der dielektrischen Festigkeit hervorruft, konnte bei mineralisierten Kabeln nichts dergartiges beobachtet werden. Demzufolge darf ein kleinerer Sicherheitsfaktor zu Grunde gelegt werden.

Die Magnesium-Isolation ist hygroskopisch; sie nimmt aber die Feuchtigkeit nicht in sich selber auf, sondern durch den Feuchtigkeitsandrang werden Leitermoleküle zwischen die Moleküle der Isolation geschwemmt, wodurch ein Kriechweg zustande kommt, der zum Durchschlag führen kann. Feuchtigkeit muss darum verhütet werden, am besten durch Abschliessen der Enden mit einer eingekitteten Endhülle aus keramischem Material oder mit Bitumen und dergleichen.

H. A.

### Bilan d'exploitation comparé des véhicules utilitaires thermiques et électriques

[D'après Henry Petit, La voiture électrique à accumulateurs. Dunod, Paris, 1943<sup>1)</sup>]

629.113.65

Pour le véhicule utilitaire, le budget vient en effet au premier plan, et les questions de commodité et d'agrément passent au second plan.

Pour les services de liaison de grands magasins en ville et dans la banlieue, pour le transport de matériaux de la gare à l'usine ou au magasin et vice-versa, et partout où il s'agit de parcours à vitesses moyennes très faibles et entrecoupés par des arrêts fréquents, le véhicule électrique procure un prix de revient d'exploitation plus avantageux que le véhicule thermique.

Le bilan suivant avait été établi avant la guerre par une importante société française utilisant des véhicules de toutes sortes.

Le prix de revient complet d'utilisation d'un véhicule comporte une part de frais fixes et une part de frais proportionnels aux parcours appelés frais kilométriques.

#### Les frais fixes

comprennent: l'amortissement du véhicule, celui du poste de charge, les assurances et les impôts. Les salaires des conducteurs et les frais de garage étant indépendants du mode de propulsion, n'interviennent pas dans la comparaison des prix de revient.

#### Amortissement

Pratiquement la durée d'amortissement du véhicule est limitée à la période où le véhicule n'exige que des dépenses de réparations annuelles inférieures aux frais correspondant à l'amortissement d'un véhicule neuf. Le véhicule électrique possède des organes simples qui sont moins soumis à l'usure que ceux du véhicule thermique. L'expérience prouve en

<sup>1)</sup> Voir page 223.