

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 57 (1966)
Heft: 12

Artikel: Die Netzkommandoanlage in einem ländlichen Netz
Autor: Hohl, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916610>

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>

Energie-Erzeugung und-Verteilung

Die Seiten des VSE

Sonderdruck der «Seiten des VSE»

Wir planen einen Sonderdruck aus den Seiten des VSE über die «Erfahrungen mit Netzkommandoanlagen». Es handelt sich um den Bericht über die 29. Diskussionsversammlung des VSE vom 13. Mai 1965 in Zürich und vom 9. Juni 1965 in Lausanne. Die Vorträge und die Diskussion dürfen füglich als Standortbestimmung der Schweizerischen Betriebsleute in bezug auf die Frage der Netzkommandoanlagen betrachtet werden.

Der Preis des Sonderdruckes von ungefähr 80 Seiten wird ca. Fr. 10.— betragen. Bestellungen werden bis zum 15. August 1966 entgegengenommen vom Sekretariat des VSE, Postfach 3295, 8023 Zürich.

Erfahrungen mit Netzkommandoanlagen

Bericht über die 29. Diskussionsversammlung des VSE vom 13. Mai 1965 in Zürich und vom 9. Juni 1965 in Lausanne
Fortsetzung aus Nr. 22, 23, 24 (1965) und 2, 3, 4, 9, 10 und 11 (1966).

Die Netzkommandoanlage in einem ländlichen Netz

von H. Hohl, Bulle

621.398.621.316

Die technischen Betriebe der Stadt Bulle verteilen die elektrische Energie in insgesamt 14 Ortschaften im mittleren Greyerzthal. Bulle selbst hat rund 7000 Einwohner. Ein Teil der Energie wird im eigenen Kraftwerk Charmey erzeugt; es liegt oberhalb des Sees von Montsalvens und hat eine mittlere Jahreserzeugung von 12,5 GWh. Die notwendige Zusatzenergie wird von den Freiburgischen Elektrizitätswerken

(EEF) gekauft. Im Jahre 1964 betrug unser gesamter Energieumsatz 26,5 GWh (Fig. 1).

Im Jahre 1953 zeigte uns eine genauere Untersuchung der Belastungskurve, dass die Belastung der Heisswasserspeicher zeitlich sehr schlecht verteilt war. Diese ungünstige Verteilung brachte uns einen jährlichen Verlust von rund 5000 Fr. Der Verlust entstand dadurch, dass wir in den ersten

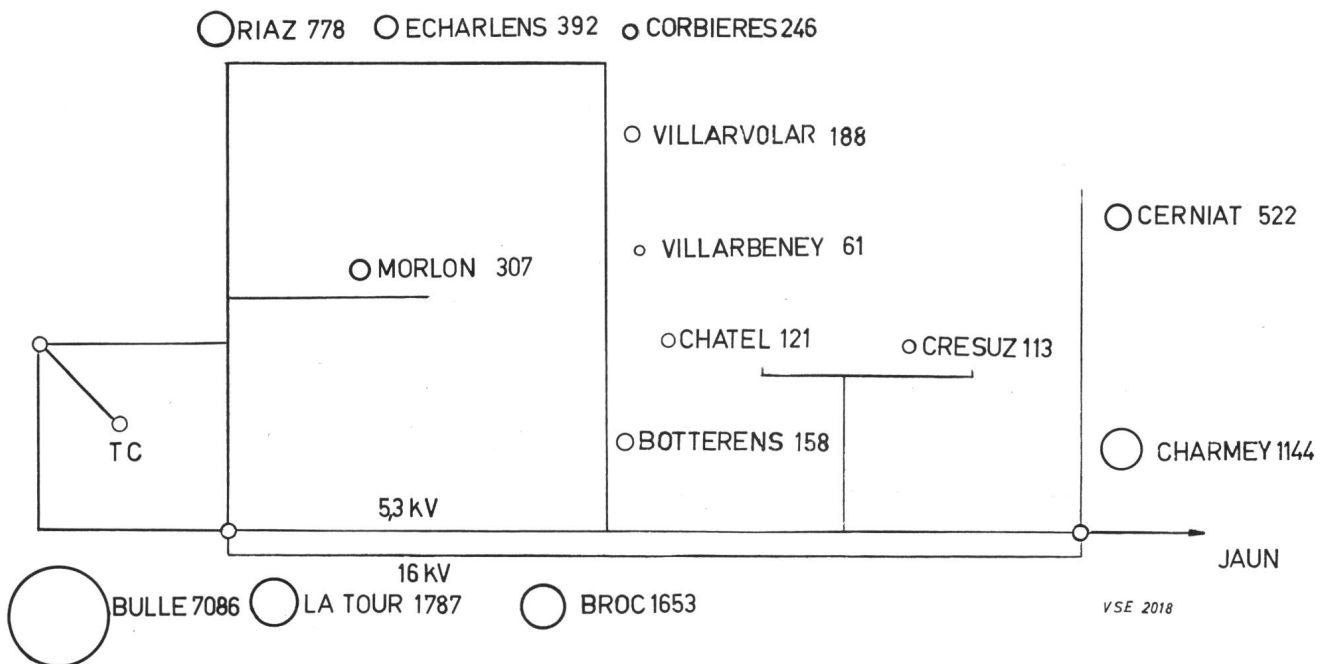


Fig. 1
Hochspannungsnetz des EW Bulle
TC: Einspeisung der Tonfrequenz

Nachtstunden Energie zukaufen mussten, während in der Spätnacht gegen den Morgen nicht die ganze Produktion unseres Werks ausgenutzt werden konnte und ein Teil davon verloren ging. Die Heisswasserspeicher wurden damals durch Schaltuhren gesteuert. Die Nachregulierung der Schaltuhren auf genaue Zeit erfolgte vierteljährlich durch die Einzüger anlässlich der Zählerablesung. Die Gangdifferenzen der Schaltuhren brachten an und für sich keinen Nachteil, da eine gewisse zeitliche Staffelung der Einschaltung der Boiler sogar eher günstig ist. Bei den Schaltuhren für die Tarifumstellung der Doppeltarifzähler und für die Steuerung der öffentlichen Beleuchtung dagegen spielt die Ganggenauigkeit der Uhren eine wichtige Rolle. Ferner ist die Verteilung der Uhren auf ein dünn besiedeltes ländliches Gebiet in den Vor-alpen eine Ursache für grosse Wegkosten. Einzelne Uhren sind rund 20 km von unserer Betriebsstelle entfernt. Im Winter wäre es für einige abgelegene Ortschaften billiger gewesen, die öffentliche Beleuchtung mit einigen kWh Mehrverbrauch Tag und Nacht brennen zu lassen als die hohen Kosten für die Regulierung der Schaltuhren zu bezahlen.

Kurz einige Angaben über die Grössenordnung der Kosten. Im Jahre 1953 gaben wir jährlich rund 2000 Fr. aus für den Unterhalt und die Reparaturen von Schaltuhren und dazu noch 5000 Fr. an Löhnen.

Man hatte uns seinerzeit gesagt: Die Netzkommandoanlage ist die Lösung der Zukunft. Sie müssen keine Schaltuhren mehr nachregulieren, erhalten ein praktisch störungsfreies Arbeiten und eine ideale Lösung für die Alarmierung der Feuerwehr, der Pikettmonteure und des passiven Luftschutzes.

Wie stellen wir uns nun zu diesen Problemen nach 10 Jahren Betriebserfahrung mit einer eigenen Netzkommandoanlage?

In Bulle wurde in den Jahren 1954/55 eine Netzkommandoanlage System Sauter Basel eingebaut. Unser Netz besteht aus einem Kabelnetz in der Stadt Bulle und aus langen Freileitungen in den andern Ortschaften. Der Lieferant der Netzkommandoanlage hat dieses Netz genau untersucht und uns dann eine Frequenz von 1050 Hz für die Netzkommandoanlage empfohlen. Das System Sauter arbeitet mit einer einzigen Frequenz nach dem Impuls-Intervallverfahren. Dieses System ermöglicht je nach Wunsch eine grössere Anzahl von verschiedenen Befehlen, z. B. 5, 10, 20, 25 oder 50 Befehle. Bei der Bestellung der Anlage hielten wir uns an die damals bei uns gültigen Tarif- und Schaltzeiten. Vom technischen Standpunkt aus kann dieses Vorgehen sicher kritisiert werden. Eine neue technische Lösung muss sich nicht unbedingt an das bisher Gültige anlehnen. Im Jahre 1954 sah es aber noch so aus, als ob die Tarife stabil bleiben würden. Wir mussten uns deshalb den vorhandenen Tarifen anpassen und wählten ein System mit 50 Doppelbefehlen.

Zuweisung der Befehle

Gegenwärtig sind noch nicht alle Befehle beansprucht und wir haben noch eine Reserve von 15 Befehlen.

Für die öffentliche Beleuchtung benützen wir zwei Doppelbefehle. Um beim Einschalten der öffentlichen Beleuchtung eine zu starke plötzliche Lastzunahme zu vermeiden, betätigt der Netzkommandoempfänger ein Relais Fabrikat SAIA, bei welchem eine Verzögerung von 0 bis 120 Sekunden eingestellt werden kann.

Zwei Gruppen von 8 Doppelbefehlen sind für die Steuerung der Heisswasserspeicher reserviert. Eine Serie wird für Boiler mit 8 Stunden Aufheizzeit und die andere Serie für Boiler mit 4 Stunden Aufheizzeit verwendet.

In Einfamilienhäusern und in Mehrfamilienhäusern bis zu drei Wohnungen schaltet der Empfänger die Boiler direkt. Für grössere Gebäude können an den Empfänger bis zu 5 Zeitschalter mit unterschiedlichem Programm angeschlossen werden. Wir haben versucht, in jedem unserer Niederspannungskabel eine möglichst gute Lastverteilung zu erzielen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden die einzelnen Befehle den Kabeln nach einem System der zyklischen Vertauschung zugeordnet.

Als wir die Anlage in Betrieb nahmen, waren für die Tarifsteuerung 9 Doppelbefehle und für die Spitzenbrechung drei Doppelbefehle besetzt.

Die Heisswasserspeicher mit mehr als 10 kW Leistung, die Waschmaschinen mit grosser Heizleistung, die Bäckereiofen und Industrieöfen werden über die Mittagsspitze ausgeschaltet. Dies mag den Betriebsleitern von grossen Stadtnetzen als eine drastische Massnahme erscheinen. Aber in unserm Verteilgebiet gibt es kein Gaswerk und wir müssen die Kochspitze ganz allein liefern.

In einem Abstand von rund 8 km vom Verbrauchszentrum hat das Wasserwerk in der Nähe der Ruinen von Montsalvens vor rund 15 Jahren eine Pumpstation erstellt, deren Betriebsprogramm sehr häufig wechselt. Es war gegeben, diese Pumpstation mit unserer Netzkommandoanlage zu steuern. Der Steuerschrank mit dem Koordinatenwähler für das Befehlsprogramm eignet sich hiezu besonders gut. Wir verzichteten auf eine Rückmeldung über die Ausführung der Befehle, da der im gleichen Lokal wie der Sender aufgestellte registrierende Manometer für die Überwachung genügt.

Einspeiseort

Bei der Einrichtung einer Netzkommandoanlage müssen die hiefür Verantwortlichen eine Reihe von Fragen lösen.

Wo soll man den Sender aufstellen? Im Verbrauchschwerpunkt oder im Kraftwerk?

In Bulle haben wir den Befehlsschrank der Netzkommandoanlage im Betriebsbüro aufgestellt. Ein Niederspannungskabel verbindet den Steuerschrank mit dem in der Nähe in einer Trafostation aufgestellten Sender. Diese Trafostation ist über eine Hochspannungsleitung direkt mit der Übergabestation für Fremdenergie verbunden.

Wir haben die geschilderte Lösung aus folgenden Gründen gewählt:

Einerseits ist die Verbindungsleitung zwischen dem Kraftwerk Charmey und Bulle rund 12 km lang und geht durch ein sehr hügeliges und stark bewaldetes Gebiet; sie ist gegen Störungen viel empfindlicher als die nur 4 km lange Verbindungsleitung zu der Übergabestelle im Kraftwerk Broc der EEF.

Andererseits kann man von dieser Übergabestelle für Fremdenergie jederzeit das ganze Netz unseres Gebietes speisen. In Zeiten mit ungünstiger Wasserführung wäre das Kraftwerk Charmey bald an der Grenze seiner Leistungsfähigkeit und die Zeit würde nicht einmal ausreichen, um einen Befehl für Lastabwurf durchzugeben.

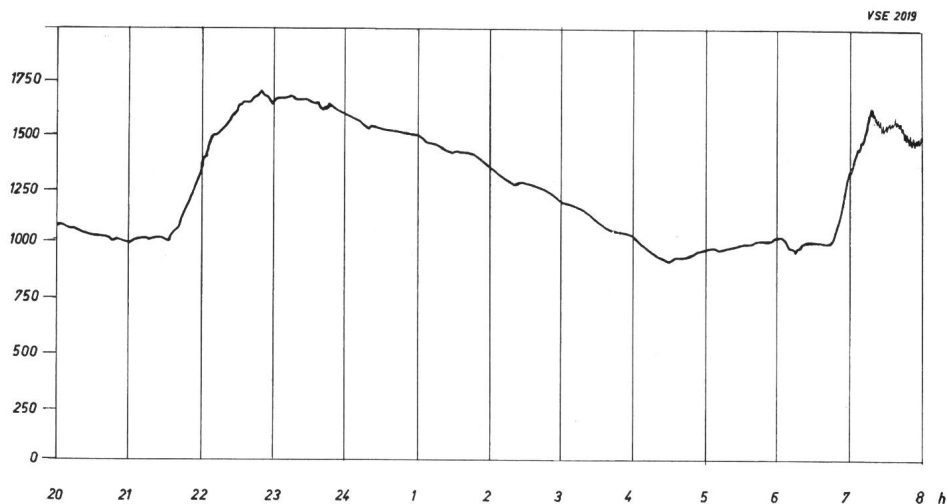


Fig. 2
Netzbelastung am 19. Oktober 1953 (ohne Netzkommandoanlage)

Die Figur 2 zeigt das Belastungsdiagramm vor Inbetriebnahme der Netzkommandoanlage und Figur 3 das Belastungsdiagramm nachher.

Ankoppelung

Für eine Steuerfrequenz von 1050 Hz ist die Paralleleinpeisung die geeignete Lösung. In diesem Falle muss die Tonfrequenz-Impedanz des gesteuerten Netzes kleiner sein als diejenige des übergeordneten speisenden Netzes. Die Ankoppelung besteht in diesem Falle aus einem Serieresonanzkreis, der auf die Steuerfrequenz abgestimmt ist. Der Kondensator begrenzt einerseits den vom 50 Hz-Netz kommenden Strom auf einige Ampère und stellt andererseits zusammen mit der abgestimmten Induktivität eine kleine Impedanz für den tonfrequenten Strom dar.

Die Tonfrequenz wird durch eine Umformergruppe erzeugt, welche aus einem überdimensionierten Asynchronmotor mit kleinem Schlupf und einem Interferenz-Generator besteht. Diese Generatorbauart enthält im Stator die Statorwicklung und eine Erregerwicklung. Der gezahnte Rotor hat gar keine Wicklung. Für den Unterhalt ist einzig die Schmierung der Lager nötig. Die tonfrequente Energie wird durch den Sendeschütz *ts* impulsweise moduliert und über den Isolier- und Anpasstransformator *T* und den aus den einstellbaren Drosselspulen *L* und den Koppelkondensatoren *C*

gebildeten Serieresonanzkreis an die Hochspannungssammelschiene abgegeben.

Anhand des Prinzipschemas Fig. 4 können wir die Vorgänge bei einer Befehlsgebung verfolgen.

Der Startbefehl wird entweder von Hand mit dem Startdruckknopf *HS* oder durch einen Kontakt der Mutteruhr gegeben, welcher den Motor *M* des Hilfswählers *HW* unter Spannung setzt. Dieser Motor nimmt den Wähler mit, welcher nun dank eines Haltekontaktes eine ganze Umdrehung macht. Der Hilfswähler verlässt seine Ruhelage «st». Sobald der Wähler auf den ersten Kontakt kommt, erhält die Spule des Motorschalters *ME* Spannung, schliesst den Kontakt «me», wodurch der Asynchronmotor Spannung erhält. Nach rund 10 Sekunden wird die Erregung des Generators durch den Kontakt «es» eingeschaltet. In dieser Zeit erreicht der Hilfswähler *HW* den folgenden Kontakt und schaltet den Motor *H* des Impulssenders *SIG* ein. Dieser Motor bleibt über einen Haltekontakt unter Spannung. Die nachfolgenden Operationen werden nun vom Sendewähler *SW* ausgeführt, welcher durch den Impulssender gesteuert wird. Sobald der Arm des Sendewählers *SW* auf den Kontakt *ST* kommt, funktioniert der Sendeschalter *ts* während einer genau bestimmten Zeit. Der Auslöseimpuls wird auf das Netz gegeben und alle Empfänger im Netz beginnen synchron mit dem Sendewähler anzulaufen. Sobald der Kontaktarm des Sende-

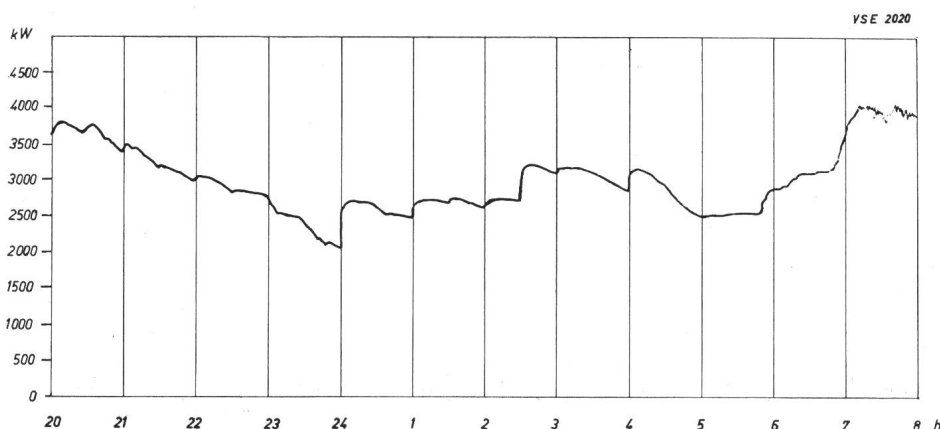


Fig. 3
Netzbelastung am 28. Oktober 1964 (mit Netzkommandoanlage)

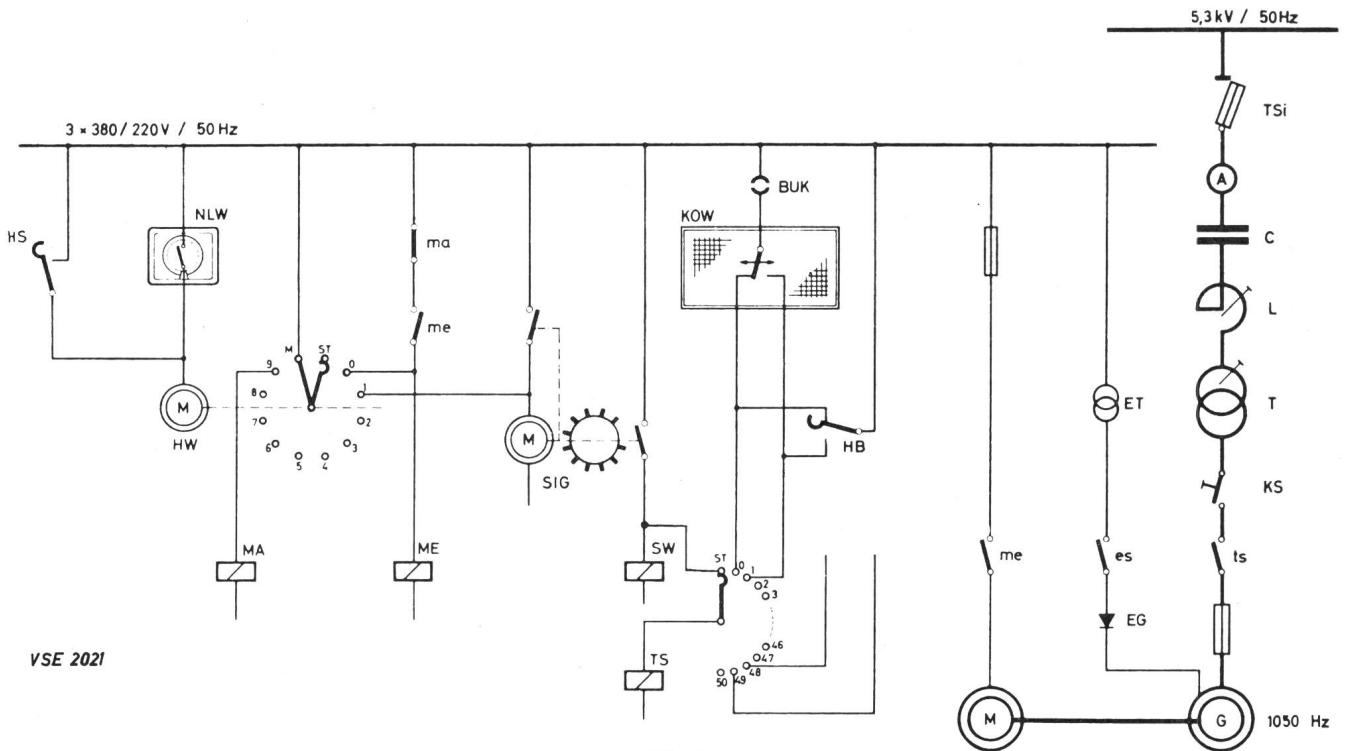


Fig. 4
Prinzipschema des Senders

wählers SW auf einen Kontakt kommt, der vom Koordinatenwähler aus Spannung erhält, schaltet der Sendeschalter ts von neuem ein.

Auf diese Weise tastet der Kontaktarm des Sendewählers SW alle Kontakte der Gedächtnisrelais ab. Ein Ein-Befehl oder ein Aus-Befehl wird je nach der Stellung der Kontakte der Gedächtnisrelais auf das Netz gegeben.

Ein vollständiger Umlauf des Sendewählers SW für 50 Doppelbefehle dauert drei Minuten. Nach einem vollständigen Umlauf des Wählers hält der Motor des Impulssenders SIG von selbst an. Der Impulssender und der Sendewähler sind wieder für eine neue Sendung bereit. Vier Minuten nach dem Startbefehl erreicht der Arm des Wählers HW den letzten Kontakt, welcher die Umformerguppe abschaltet.

Bei der Erklärung des Prinzipschemas haben wir von den Verriegelungen, vom Schutz gegen Spannungsausfall und den Einrichtungen für die Überwachung der gesendeten Befehle abgesehen.

Ein charakteristisches Merkmal des Systems Sauter ist der *Koordinatenwähler*. Auf dieser Tafel kreuzen sich horizontale Linien für die Befehle mit senkrechten Linien für die Zeit. Ferner ist noch eine besondere Linie für die Befehls-gabe von Hand vorgesehen.

Stecker für die Einschaltung oder die Ausschaltung können je nach dem gewünschten Programm an den Kreuzungspunkten der einzelnen Linien eingesetzt werden. Dieses Steuersystem ist vom System «Cross-Bar» der Telephontechnik abgeleitet.

Die Mutteruhr gibt alle 15 Minuten einen Impuls und bewirkt dadurch, dass die entsprechende Zeitlinie des Koordinatenwählers unter Spannung kommt. Elektromagnetische Relais prüfen das Programm und halten es in Kipprelais fest. Diese Relais werden durch den Sendewähler SW abgetastet und die Befehle werden nach dem vorgesehenen Impulsintervallprogramm gesendet.

Die Sendeanlage einschliesslich Zubehör hat uns 40 000 Fr. gekostet.

Die Sendeanlage hat zu unserer Zufriedenheit funktioniert. Einige wenige Unstimmigkeiten konnten rasch eliminiert werden. Es handelt sich vorwiegend um mechanische Störungen. Bei solch einer Störung der automatischen Befehls-gabe kann immer auf Befehls-gabe von Hand umgestellt werden.

Von Hand kann die Befehls-gabe auch im Fall von Spannungsausfall oder von Kabelbruch erfolgen. In diesen Fällen erfolgt die manuelle Befehls-gabe von einer Hilfskommando-tafel in der Nähe der Einspeisezelle aus.

Zur Überwachung der Befehls-gabe der Netzkommando-anlage haben wir im Jahre 1959 ein Kontrollgerät Hasler angeschafft (Preis 5000 Fr.), welches auf einem konstant ablaufenden Streifen die ausgesendeten Befehle registriert. Der Apparat macht Aufzeichnungen für 25 Befehle.

Die Empfänger

Der Empfänger ist u. E. der wichtigste Teil einer Netzkommandoanlage. Diese in grossen Serien hergestellten Apparate müssen ihren Dienst bei den Abonnenten während vielen Jahren ohne Unterhalt versehen.

Unser Empfänger enthält drei Hauptteile (Fig. 5):

- Der Eingangskreis, welcher aus einem Seriersonanzkreis, einer Kaltkathodenröhre und einem Empfangsrelais besteht.
- der Wähler, der von einem Synchronmotor über ein Reduktionsgetriebe betätigt wird und in 2 Ebenen je 12 Dauerkontakte enthält.
- ein bis 5 Balkenkontakte für 15 A, 380 V.

Der Empfänger wird mit seinen Klemmen genau gleich wie eine Schaltuhr an das Netz angeschlossen.

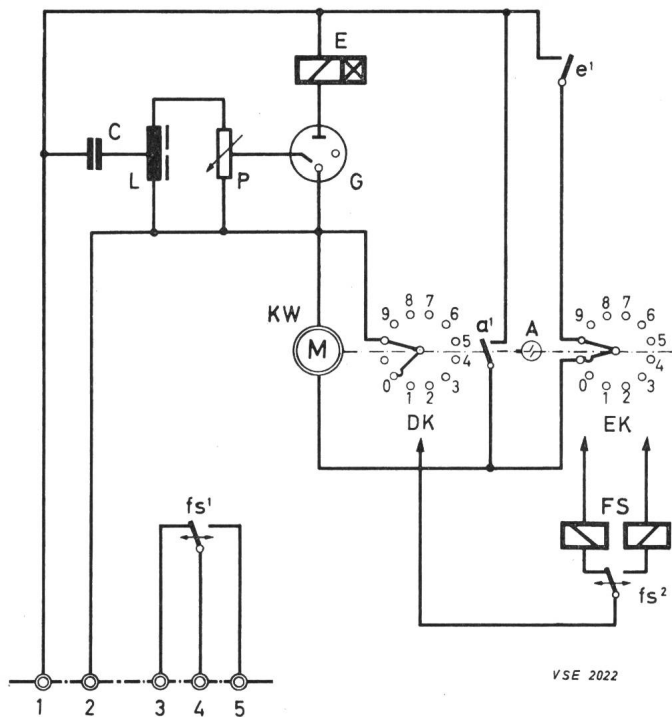


Fig. 5
Prinzipschema des Empfängers

Wenn ein Tonfrequenzimpuls von genügend langer Dauer (min. 0,5 Sekunden) über das 50 Hz-Netz an den Apparateklemmen eintrifft, so wird er durch den Serieresonanzkreis verstärkt. Man erhält auf diese Weise an den Klemmen des Anpasstrafos eine um den Gütefaktor des Schwingkreises verstärkte Eingangsspannung.

Bei 1050 Hz wird die Spannung 13 bis 15mal vervielfacht. Auf diese Weise ergibt sich aus einer Spannung von 2 V an den Klemmen des Empfängers eine Spannung von 26 bis 30 V an den Klemmen der Abstimmspule. Diese Spannung wird durch den Abstimmtrafo um das Dreifache vergrößert.

Diese Spannung wird über ein Potentiometer an die Hilfsanode eines gasgefüllten Röhrenrelais angelegt und bewirkt dort eine Zündung. Mit Hilfe des genannten Potentiometers kann man auf einfache Weise die Ansprechempfindlichkeit des Netzkommandoempfängers auf denjenigen Mindestwert einstellen, welcher mit Rücksicht auf die vom Netz vorhandenen Störspannungen gerade noch zulässig ist.

Der Anodenstrom fliesst nun von der Kathode zur Anode und von dort durch das Anodenrelais. Sobald der Anodenstrom fliesst, zieht das Relais seinen Anker an und sein Kontakt legt den Synchronmotor des Empfängers an Spannung.

Das Anodenrelais ist mit einer Kurzschlusswicklung oder beim Modell FE 61 mit einem Aluminiumröhrchen ausgerüstet, womit man eine Verzögerung von 50 bis 90 ms erhält. Zusammen mit dem Prinzip der Impulsintervalle kann man auf diese Weise das Relais gegen die meisten Störungen unempfindlich machen, welche in einem Netz auftreten können.

Die Kontakte des Dekadenwählers sind mit den Erregerwindungen der ein- oder dreipoligen Kipprelais verbunden (Fig. 6 und 7).

Betrieb

Bis heute haben wir in unserm Netz insgesamt 1321 Netzkommando-Empfänger mit folgender Aufteilung montiert:

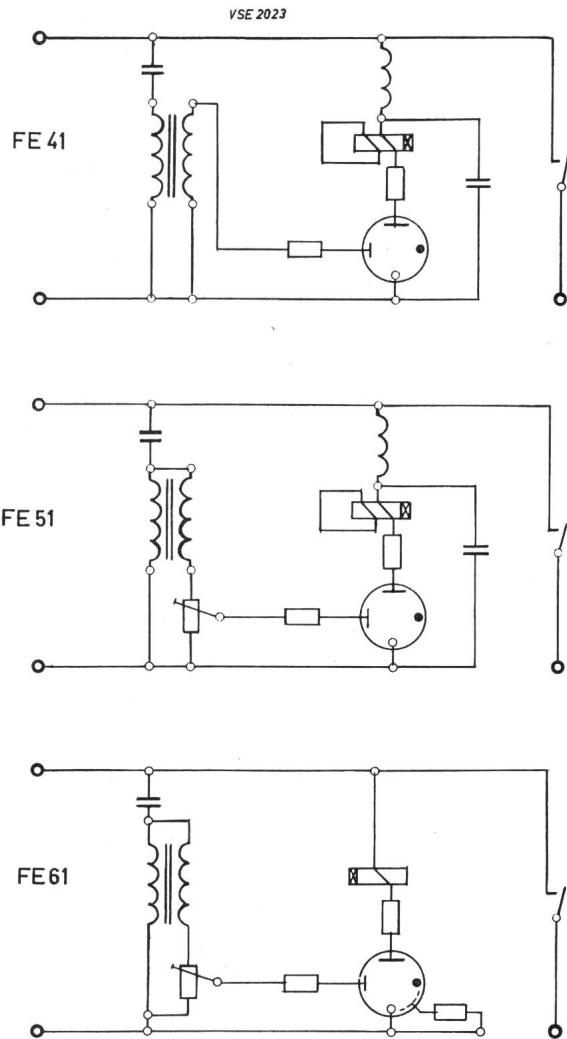


Fig. 6
Empfängerausführungen (Schemata)

Type FE 41	421 Stück
Type FE 51	381 Stück
Type FE 61	519 Stück

Die Betriebserfahrungen zeigen, dass die Qualität der Empfänger des Typs 61 gegenüber dem Typ 41 wesentlich besser ist.

Betriebskosten

Es folgen nun einige kurze Angaben über Anschaffungs- und Betriebskosten.

Anlagekosten für Sender inkl. Bauliches	Fr. 50 000
Reservematerial, Photozelle	Fr. 7 000
Kontrollschreiber	Fr. 5 000
1534 Empfänger	Fr. 200 000

In den ersten zehn Betriebsjahren haben wir für die Revision des Senders und des Befehlsschranks insgesamt Fr. 4758.70 ausgegeben, d. h. rund 500 Fr. pro Jahr. Zweimal mussten wir die Kontakte des Sendeschützes erneuern, da sie das am stärksten beanspruchte Element der Anlage sind (Fabrikat Klöckner-Möller).

Bis heute haben wir für Reparaturen von Empfängern total Fr. 6129.05 ausgegeben.

Die Reparatur und die Auswechslung eines Netzkommandoempfängers kostet bei uns im Durchschnitt 60 Fr.

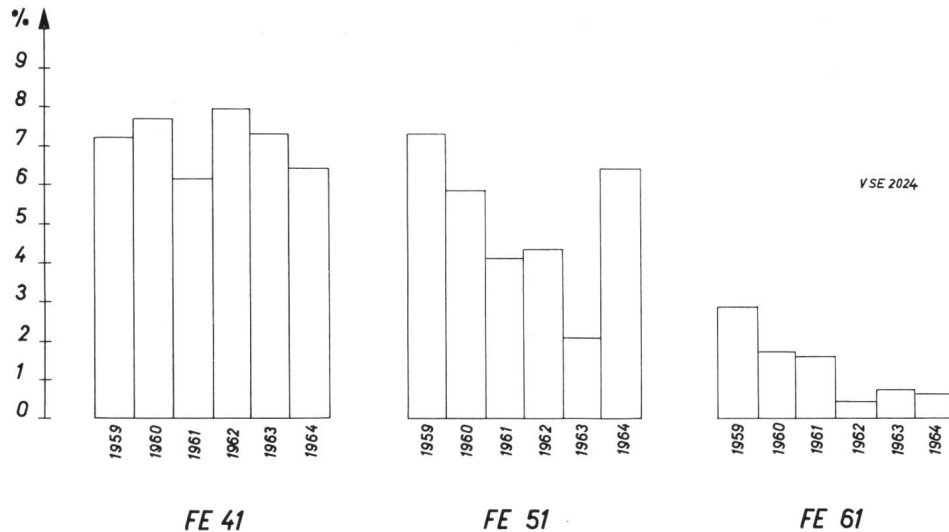


Fig. 7
Jährliche Reparaturquote an Empfängern in %
FE 41, FE 51 und FE 61

Soweit mir bekannt ist, wird das System Sauter für die Netzkommandoanlage an folgenden Orten verwendet:

<i>In der Schweiz:</i>	Vallorbe	2000 Hz	
	Pully	600 Hz	
	Courtelary	1050 Hz	
	Romanshorn	1600 Hz	
<i>In Frankreich</i>	Rouen	1350 Hz	200 MW
	Périgueux (Dordogne)	750 Hz	280 MW
	Mülhausen	1600 Hz	80 MW

<i>In Österreich</i>	Wels	2000 Hz	70 MW
	Wien	1050 Hz	900 MW
<i>In Deutschland</i>	Stuttgart	475 Hz	800 MW

Zusammenfassung: Unsere Netzkommandoanlage ist seit 10 Jahren im Betrieb und wir sind mit ihr zufrieden.

Adresse des Autors:
Dipl. Ing. H. Hohl, Services Industriels, 1630 Bulle

Deutsche Übersetzung:
P. Troller, Dipl. Ing., 4000 Basel

Netzkommandoanlage des EW der Stadt Neuenburg Aufbau der Anlage und Betriebserfahrungen

von M. Vaucher, Neuenburg

621.398.621.316

Man hat mich ersucht, im Anschluss an die bereits gehaltenen Vorträge hier über die Erfahrungen mit der Netzkommandoanlage System Zellweger beim EW der Stadt Neuenburg zu berichten. Als «Nachzügler» werde ich mich kurz fassen.

Geschichtliches

Am Ende des letzten Krieges war das Netz des Elektrizitätswerkes der Stadt Neuenburg so an der oberen Grenze angelangt, dass keine Erweiterungen mehr möglich waren. Die für das Elektrizitätswerk verantwortlichen Instanzen fassten dann den weisen Entschluss, die Angelegenheit von Grund auf zu studieren. Im Jahre 1947 wurde ein Richtplan für die Modernisierung des Netzes ausgearbeitet, welche bis 1958 dauerte. Der Umfang der ausgeführten Arbeiten war so gross und die Umgestaltung des Netzes derart grundsätzlich, dass sich auch der Einbau einer Netzkommandoanlage aufdrängte.

Der Einbau einer solchen Netzkommandoanlage wurde mit verschiedenen Lieferfirmen studiert. Am Schluss erhielt die Firma Zellweger in Uster den Auftrag. Ein wesentlicher Grund für die Wahl dieser Firma war der verhältnismässig geringe Platzbedarf ihrer Tonfrequenz-Generatorgruppen und Einspeisekreise (Ankoppelungen).

Das Netz des EW Neuenburg und die Zellweger-Anlage

Die elektrische Energie wird uns in 60 kV in der Unterstation Pierrabot geliefert; dort wird sie in drei unter Last regulierbaren Transformatoren von je 15 MVA auf 32 kV abtransformiert. Mit dieser Spannung von 32 kV speisen wir unsere drei Unterwerke Beauregard, Sablons und Champréveyres, welche im Westen, im Zentrum und im Osten unserer Stadt liegen (Figur 1). Diese Anlagen bilden unsere 32-kV-Hochspannungsebene. In den drei Unterwerken wird die Energie auf 8 kV abtransformiert und mit dieser Spannung