

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 57 (1966)
Heft: 9

Artikel: 20 Jahre Netzkommandoanlage in Genf : bisherige Erfahrungen und zukünftige Entwicklung
Autor: Burger, D.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916595>

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: 22.02.2026

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

Erfahrungen mit Netzkommandoanlagen

Bericht über die 29. Diskussionsversammlung des VSE vom 13. Mai 1965 in Zürich und vom 9. Juni 1965 in Lausanne

20 Jahre Netzkommandoanlage in Genf, bisherige Erfahrungen und zukünftige Entwicklung

von D. Burger, Genf

621.398 : 621.316

Allgemeines

Der Name ACTADIS der in Genf erstellten Netzkommandoanlage ist eine Abkürzung der französischen Worte «*action à distance*» (= Fernwirkanlage). Das System Actadis ist bereits über 40 Jahre alt, und es ist deshalb natürlich, dass der zu Ihnen sprechende Referent bereits weisse Haare hat.

Das System Actadis ist von der französischen Firma Compagnie des Compteurs in Montrouge (bei Paris) entwickelt und kurz nach dem ersten Weltkrieg in Frankreich angewendet worden.

Bereits im Jahre 1933 befasste man sich beim Elektrizitätswerk Genf mit diesen Problemen und besichtigte auch die Demonstrationsanlage in Annecy (Haute-Savoie). Die damalige Gestaltung unserer zweiphasigen 3-kV-Primärnetze und das Kraftwerk Chèvres liessen aber damals die Einführung einer Netzkommandoanlage nicht zu. Wir mussten zuwarten, bis das Kraftwerk Verbois erbaut und ein neues 18-kV-Drehstromnetz erstellt war. Die dann wieder aufgenommenen Studien führten dann dazu, dass unsere erste Netzkommandoanlage am 1. April 1944 in Betrieb genommen werden konnte.

Die folgenden *drei Gründe* haben uns veranlasst, eine Netzkommandoanlage einzuführen:

1. Bessere Gleichzeitigkeit beim Ein- und Ausschalten der öffentlichen Beleuchtung und der Treppenhausbeleuchtungen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der jeweiligen Witterungsverhältnisse und der wirtschaftlichen Gesichtspunkte.

2. Möglichkeit der Ein- und Ausschaltung der Heisswasserspeicher von unserer Betriebswarte aus.

3. Wegfall der dauernden Überwachung und des Nachrichtens der Schaltuhren; Wegfall der jeweils an Ort und Stelle von Hand vorgenommenen saisonmässigen Umstellung von Tarifzeiten und Schaltprogrammen für bestimmte Belastungen.

Wir möchten in diesem Zusammenhang daran erinnern, dass im Jahre 1944 in Europa Krieg war und dass die Verdunkelung, die Lastbegrenzung und die Verbrauchseinschränkungen für elektrische Energie damals aktuelle Probleme waren.

Prinzip des Actadis-Systems

Wir möchten hier nicht auf Einzelheiten des Systems Actadis eingehen, da das System bekannt und schon oft beschrieben worden ist.

Im Prinzip werden in die vorhandenen Starkstromleitungen verschiedene Tonfrequenzströme mit Frequenzen zwischen 370 Hz und 910 Hz eingespeist. Diese tonfrequenten Ströme überlagern sich dem 50-Hz-Netzstrom und werden durch Apparate empfangen, deren Schwingfedern auf eine bestimmte Frequenz eingestellt sind.

Damit die Apparate sicher funktionieren und damit man oberhalb des Störpegels von Harmonischen etc. bleibt, verlangt man eine Signalspannung von rund 3 % der Netzspannung, d. h. eine Signalspannung von 6,7 V im 220-V-Netz. Mit dieser Höhe der Signalspannung ist auch die Leistung des Tonfrequenzgenerators bestimmt, wobei allerdings die Veränderlichkeit der die Netzimpedanz bestimmenden Elemente zu berücksichtigen ist. Bei rein ohmscher Last wäre die Tongeneratorleistung 1 Promille der Netzlast; man wählt aber 3 Promille der Netzlast.

Die tonfrequenten Impulse werden über Serietransformatoren in die 18-kV-Abgänge eingespeist.

Diese Einspeisetransformatoren sind primärseitig für den Betriebsstrom eines Kabels, d. h. für 250 A dimensioniert. Jedes Kabel kann also 7500 kVA übertragen. Die Tonfrequenzeinspeisung erfolgt gleichzeitig auf 2 Kabeln, d. h. für eine Netzlast von 15 000 kVA. Damit ist die Leistung des einpoligen Tonfrequenzgenerators auf 50 kW festgelegt.

Hauptbestandteile der Netzkommandoanlage

Die Anlage enthält drei Hauptbestandteile, nämlich den Sender, den Einspeisekreis und die Empfänger.

Der *Sender* enthält als Hauptteil den Maschinensatz mit insgesamt 4 Maschinen. 1 Kombi-Motor 100 PS treibt eine Nebenschlussgleichstromdynamomaschine von 66 kW, 220 V, an. Diese speist einen Nebenschluss-Gleichstrommotor von 59 kW, 220 V, mit einem Drehzahlbereich von 1200 bis 2730 U/min. Dieser Motor ist mit einem Tonfrequenzgenerator 50 kW, 1000 V, 400 bis 910 Hz, gekuppelt. Die Sendeanlage enthält noch eine Kommandotafel mit den notwendigen Apparaten für das Anlassen, die Steuerung und Überwachung der Anlage, nämlich

13 Druckknöpfe (Anlassen von Hand)

3 Amperemeter und 1 Voltmeter (Generatorbelastung)

1 Kreuzverteiler, auf welchem die Reihenfolge der Einspeisung der tonfrequenten Befehle gewählt werden kann

1 motorgetriebener Verteiler, welcher die sukzessiven Einspeisungen auf dem Kreuzwähler abgreift

1 Frequenzrelais, welches mit Hilfe eines abgestimmten Kreises die Sendefrequenz bestimmt

1 Spannungsrelais, welches automatisch die Leistung des Tonfrequenzgenerators in Abhängigkeit von der momentanen Impedanz der angeschlossenen Netzkabel reguliert. Dieses Relais arbeitet in Abhängigkeit von der zentralen Spannung so, dass in das Netz eine konstante tonfrequente Spannung abgegeben wird.

Der Einspeisekreis (Ankopplung)

In der ersten Ausbaustufe wurden für die Einspeisetransformatoren drei einphasige Einheiten in einem gemeinsamen Ölbehälter gewählt. Konstruktiv gleichen diese Transformatoren Stromwandlern, mit dem Unterschied, dass sie zur Vermeidung von Sättigung einen Luftspalt von ca. 15 mm im magnetischen Kreis haben. Für die beiden weiteren Ausbaustufen wurden dann einphasige Trockentransformatoren gewählt. Diese benötigten einen auf Resonanz abgestimmten Nebenschluss, damit sie bei 50 Hz induktionsfrei arbeiten.

Die Empfänger

Im Gegensatz zu den Empfängern anderer Systeme ist der Actadis-Empfänger netzunabhängig, indem er die empfangene tonfrequente Energie direkt in mechanische Energie umwandelt; er braucht deshalb keinen Synchronmotor und keine 50-Hz-Energie.

Ein erster statischer Filter des Empfängers besteht aus einem LC-Kreis, der so abgestimmt ist, dass er die beiden dem Empfänger zugeordneten Frequenzen durchlässt.

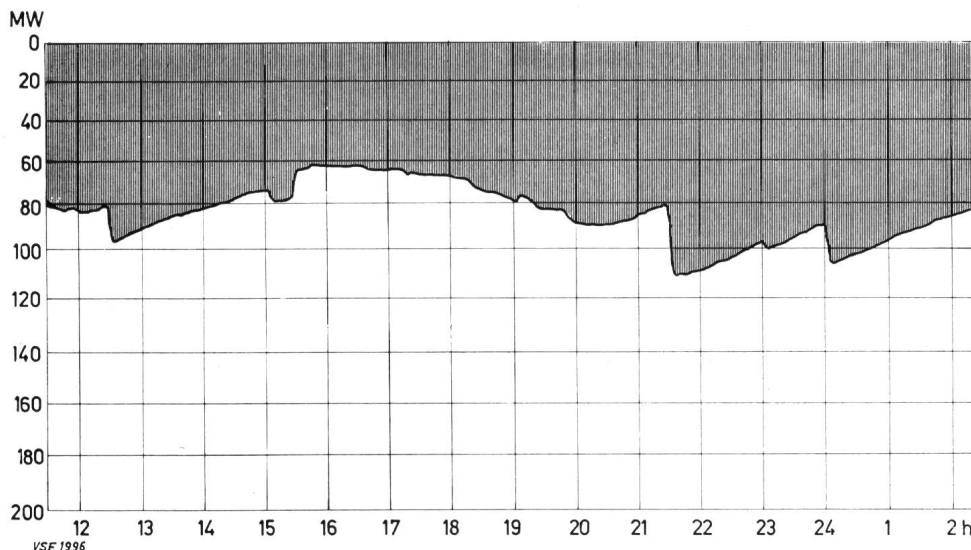
Ein zweiter Filter wird durch zwei Schwinglamellen gebildet, welche bei Eingang der für sie bestimmten Tonfrequenz direkt den Mechanismus des Empfängers betätigen.

Ferner ist noch ein Zentrifugalregler vorhanden, welcher die Selektivitätsgrenzen des Empfängers festlegt.

Zum Empfänger gehört noch ein Spartransformator, welcher eine Glühlampe zündet, um die überschüssige Energie zu vernichten, falls am Einbauort des Empfängers die Signalspannung zu hoch wird.

Weiterausbau der Actadis-Anlage

Der ständig steigende Bedarf an elektrischer Leistung und Arbeit haben das EW Genf veranlasst, ein weitgehendes



Programme für die Verstärkung und die Erweiterung seiner Anlagen auszuarbeiten. Dieses Ausbauprogramm beeinflusst auch die Netzkommandoanlage sehr stark. Früher hatten wir nur ein einziges Unterwerk «Stand». Im Jahre 1957 kam das Unterwerk La Praille in Betrieb.

Die drei Unterwerke haben folgende Leistungen:

UW Stand	80 MW
UW La Renfile	90 MW
UW La Praille	90 bis 120 MW

Wenn unsere von einem Unterwerk ausgehende 18-kV-Netzteile separat betrieben würden, so hätten wir für die neuen Unterwerke ein anderes Netzkommandosystem wählen können. Die Gestaltung und der Betrieb unserer 18-kV-Netze ist aber derart, dass wir bei Umschaltungen auf Speiseleitungen greifen müssen, die von einem andern Unterwerk her kommen. Damit ergab sich mindestens für den gegenwärtigen Zeitpunkt die unbedingte Notwendigkeit, das System Actadis beizubehalten.

Betriebserfahrungen

Als unsere Netzkommandoanlage im Jahre 1944 in Betrieb kam, hatten wir 16 600 Schaltuhren eingebaut. Zehn Jahre später, im Jahre 1954, waren nur noch 39 Schaltuhren im Netz. Damit wurden 99,8 % unserer Schaltbefehle durch 18 230 Netzkommandoempfänger gegeben.

Ende 1964 hatten wir 23 710 Empfänger mit folgender Aufteilung:

16 000 Empfänger für eine einzige Funktion
3 900 Empfänger für zwei Funktionen
3 800 Empfänger für drei Funktionen.

Mit dieser Aufteilung auf die drei genannten Typen kostete ein Empfänger im Jahre 1944 durchschnittlich 110.— Fr., im Jahre 1964 dagegen 150.— Fr.

Im Jahre 1943 mussten wir mehr als 36 000 Uhrenumstellungen und Regulierungen vornehmen. Unsere Uhrenwerkstätte revidierte im Mittel pro Jahr 3500 Uhren (Revisionsperiode normal 5 Jahre).

Heute werden sowohl die Zähler wie die Netzkommandoempfänger alle 14 Jahre revidiert (ca. 1700 Apparate pro Jahr). Unsere Empfänger hatten anfänglich einige Kinderkrankheiten, da sie in der Schweiz von Leuten fabriziert wurden, die auf diesem Spezialgebiet damals noch keine Erfahrung hatten.

Die Empfänger haben sich aber im Betrieb sehr gut gehalten. Temperaturen zwischen -10°C und $+40^{\circ}\text{C}$ machen nichts aus. Rund 600 Empfänger für die öffentliche Beleuchtung sind im Freien auf Masten montiert. Es haben sich keine Alterserscheinungen gezeigt. Mechanische Fehler traten bei ca. 1,2 % der Apparate auf.

Fig. 1
Einfluss auf die Belastungskurve

Während der Kriegsjahre hatten wir jährlich bis 8000 Reklamationen wegen der Ein- und Ausschaltung der Strassen- und Treppenhausbeleuchtung, der Heisswasserspeicher und der Doppeltarifsteuerung. Zehn Jahre später waren es nur noch 1500 Reklamationen wegen der gleichen Störungen. Heute sind es rund 2000 Reklamationen pro Jahr, aber wir haben rund 1,5mal mehr automatische Apparate im Betrieb.

Die *Sendeanlagen* haben sich sehr gut gehalten. An einem Generator trat wegen einer Verschiebung mechanische Unwucht auf und bei einer Aluminiumwicklung aus der Kriegszeit ist eine Verbindung gebrochen.

Einige Phasenschieberkondensatoren mussten ausgetauscht werden. Die Verzögerung der Schaltkontakte wird nun durch einen Programmgeber besorgt.

Die *Ausbreitung der tonfrequenten Impulse* im Netz hat nie wesentliche Schwierigkeiten gebracht. Anfänglich war ein Teil unseres Netzes noch zweiphasig, 3000 V, mit Scottschaltung, und unsere Turbogeneratoren und Dieselgruppen 3 kV waren auf der Netzseite der 18-kV-Einspeisung der Netzkommandoanlage angeschlossen. Diese Einrichtungen waren somit für die tonfrequente Energie damals Verbraucher. Trotzdem waren die Empfangsspannungen im ganzen Netz genügend, wenn auch teilweise niedriger und unregelmässiger als heute.

Im *Stadtgebiet* wird die Primärspannung von 18 kV direkt auf 380/220 V abtransformiert. Ein Niederspannungsnetz mit grossen Kabelquerschnitten verteilt die Energie an die Abnehmer. In dem so versorgten Gebiet sind die Impedanzen stets klein und es haben sich nie Schwierigkeiten bei der Ausbreitung der tonfrequenten Signale gezeigt.

In den ländlichen Gebieten ist je nach den örtlichen Verhältnissen und den Entfernungen zwischen dem 18-kV-Netz und dem 380/220-V-Netz noch ein 950/550-V-Netz dazwischengeschaltet. Infolge der doppelten Transformierung von 18 000 auf 950 V und von 950 auf 380 V bewirkt die Impedanz einen Spannungsabfall, der nahezu linear mit der Frequenz zunimmt. Normalerweise ergibt sich der grösste Spannungsabfall für die Tonfrequenz im Transformator 18 000/950 V. Man kann sich helfen, indem man die Streureaktanz des Transformators durch eine passende Kapazität so kompensiert, dass der Kreis oberhalb der Sendefrequenzen in Resonanz kommt. Nimmt man eine kapazitive Leistung von 4 % der Transformatorenleistung, so ergibt sich bei den üblichen Kurzschlußspannungen ungefähr bei 1200 Hz Resonanz. Die Höhe der Empfangsspannung im 220-V-Netz ist dann praktisch unabhängig von der Frequenz nahezu konstant.

Erwähnenswert ist noch ein Fall von Überspannung am Ende eines 25 km langen 18-kV-Kabels. Bereits bei 50 Hz hat dieses Kabel eine Kapazität entsprechend 300 kVAR pro Strang. Ausserdem waren bei den angeschlossenen Industriebetrieben noch Niederspannungskondensatoren mit total rund 500 kVAR angeschlossen. Die tonfrequente Spannung erreichte am Ende der Leitung 12,8 V, das heisst praktisch das Doppelte des anfänglichen Wertes. Die Empfänger arbeiteten stossartig. Wir konnten die tonfrequente Spannung am Ende der Leitung auf 8 V reduzieren, indem die Kondensatoren in den Industriebetrieben durch entsprechende Reaktanzen gesperrt wurden.

Wir möchten uns auf die angeführten Beispiele beschränken, obwohl noch andere Fälle vorgekommen sind. Zusammen-

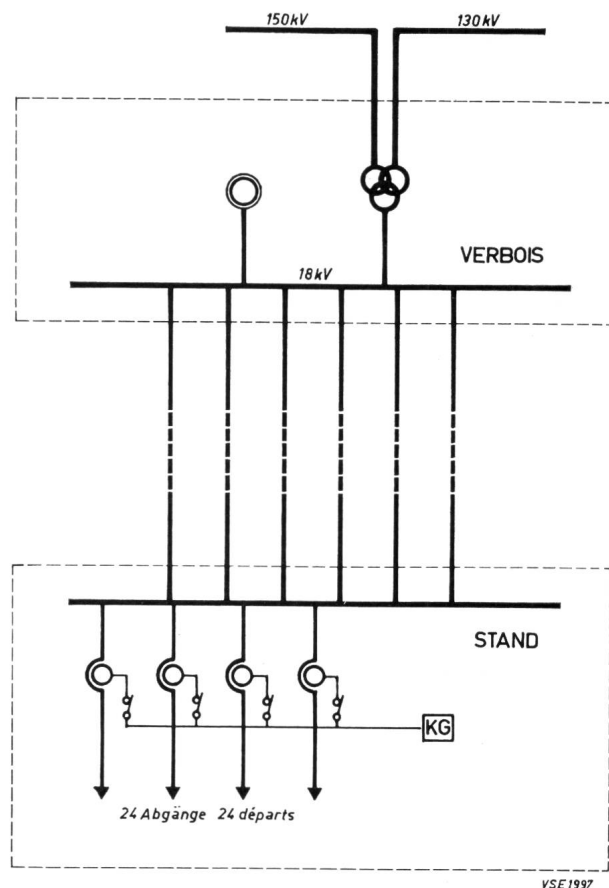


Fig. 2
18 kV-Netz, Stand 1944
KG: Kommandogerät

fassend kann man sagen, dass mit lokalen Störungen gerechnet werden muss. Die Störungen sind aber im Prinzip bekannt und man kann sie mit geringen Kosten beheben.

Die Sperrung der Kondensatoren (Phasenschieberkondensatoren bei den Energiebezüglern) erfolgt durch entsprechende, in Serie geschaltete eisenhaltige Reaktanzen. Wir haben diese Methode schon lange angewendet und die Resonanzfrequenz von 215 Hz mit Erfolg schon lange vor der Herausgabe von offiziellen Empfehlungen gewählt.

Diejenigen Kondensatoren, welche bei Inbetriebnahme der Netzkommandoanlage schon vorhanden waren, haben wir auf unsere Kosten gesperrt. Die später installierten Kondensatoren sind auf Kosten der Abonnenten gesperrt worden. Wir möchten hier anerkennend erwähnen, dass die Kondensatorfabrikanten die neue Regelung gut aufgenommen haben. Dagegen hat uns ein Fabrikant von Schweissmaschinen mehr als 10 Jahre lang schikaniert, bis er endlich begriffen hatte, dass die Zusammenarbeit zwischen Lieferant und Käufer einer Maschine auf Gegenseitigkeit beruhen muss.

Kritik am System Actadis

Wir möchten nachstehend auf einige häufig vorgebrachte Fragen und Einwände eingehen.

1. Warum haben Sie ein ausländisches System gewählt?

Als wir eine Netzkommandoanlage kaufen wollten, war in der Schweiz nichts derartiges erhältlich. Actadis hatte damals bereits 20 Jahre Erfahrung.

2. Das System ist kompliziert und teuer.

Es stimmt, dass das System mit 13 verschiedenen Frequenzen nicht einfach, aber trotzdem elegant ist. Wir müssen

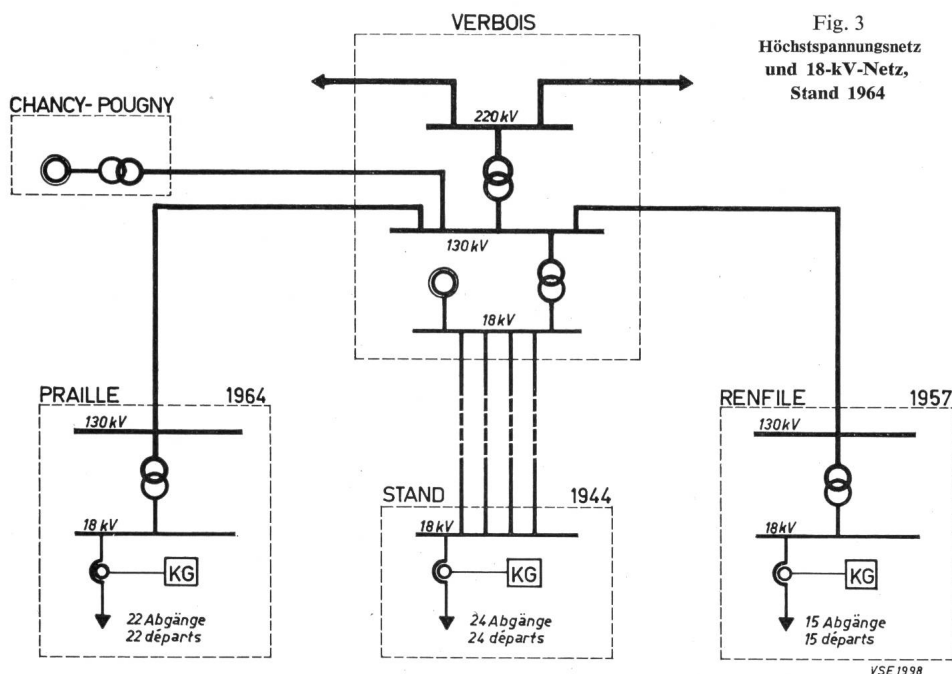


Fig. 3
Höchstspannungsnetz
und 18-kV-Netz,
Stand 1964

aber nochmals wiederholen, dass wir seinerzeit gar keine andere Wahl hatten. In bezug auf die Kosten ist folgendes interessant: Die im Jahre 1944 erstellte Anlage hat insgesamt 465 000 Franken gekostet, einschliesslich 24 Einspeisetransformatoren im Betrage von allein 260 000 Franken. Die Gesamtkosten sind voll gedeckt worden durch den Verkauf von 16 000 Schaltuhren, die uns 500 000 Franken einbrachten. — Zwanzig Jahre später hat die Anlage von La Praille das Doppelte gekostet.

3. Die Zahl der möglichen Befehle ist sehr beschränkt.

Dieser Einwand stimmt. Mit 13 verschiedenen Frequenzen kann man 6 voneinander unabhängige Doppelbefehle geben und dazu sind noch einige Kombinationen möglich. Unter Umständen könnte man die dreizehnte Frequenz noch mit Niederfrequenz modulieren, was wir aber nicht gemacht haben. Wir waren also gezwungen, mit den vorhandenen wenigen Befehlen auszukommen. Das war für uns insofern ein Vorteil, als wir unsere im Laufe der Zeit allzusehr differenzierten Tarifzeiten, Schalt- und Sperrzeiten vereinheitlichen mussten.

Die verfügbaren Frequenzen sind wie folgt zugeteilt worden:

- 2 Frequenzen für die öffentliche Beleuchtung.
- 2 Frequenzen für die Treppenhausbeleuchtung.
- 4 Frequenzen für 2 Gruppen von Heisswasserspeichern (ohne Tarifkombination).
- 3 Frequenzen für Heisswasserspeicher in Kombination mit 2 Tarifzeitgruppen.
- 11 Frequenzen total.

Es bleiben also noch 2 Reservefrequenzen, die wir innert 20 Jahren nie beansprucht haben.

4. Die sukzessive Serie-Einspeisung in die einzelnen Kabel ist teuer und braucht viel Platz.

Wir haben in vorstehender Ziff. 2 gezeigt, dass die Kosten der Einspeisetransformatoren den Gesamtpreis der Anlage rund verdoppeln. Die Anschaffung dieser Transformatoren ist tatsächlich teuer. Die von uns verwendeten Öltransformatoren brauchen etwa gleich viel Platz wie ein normaler Transformator für 200 kVA; sie konnten ohne Schwierigkeit

in den Abgangszellen für die 18-kV-Kabel untergebracht werden.

Die in den neueren Unterwerken eingebauten Ringkern-Einspeisetransformatoren konnten ohne Schwierigkeiten untergebracht werden.

Die sukzessive Serie-Einspeisung der einzelnen Kabel hat den Vorteil, dass man sich nicht darum kümmern muss, was auf der Speise-seite dieses Abgangs geschieht. Je wichtiger eine abgehende Kabelleitung wird, um so kleiner wird ihre Impedanz. Man hat keine Probleme der gegenseitigen Beeinflussung, braucht keine Sperrkreise und keine Kreise mit kleiner Impedanz, was als Vorteil zu bewerten ist und Einsparungen bringt.

5. Die Zeit für die Befehlsdurchgabe ist lang.

Es stimmt, dass wir für die Durchgabe der Befehle an 24 abgehende Kabel mindestens 6 Minuten benötigen. Einschliesslich Anlassen und Abstellen macht das 8 bis 10 Minuten. Diese lange Zeit hat aber auch einen Vorteil. Die Laständerungen im Netz werden auf eine Zeit von 6 Minuten verteilt. Unsere Werkhöchstlast beträgt heute 160 MW. Die drei Gruppen von Heisswasserspeichern haben zusammen eine Leistung von $32 + 20 + 6 \text{ MW} = 58 \text{ MW}$. Die gleichzeitige Einschaltung von 32 000 kW innert $1/10$ Sekunde wäre ein Husarenstück, auf das man sich nicht einlassen kann. Bei einer schnellen Netzkommandoanlage muss man diese grosse Leistung unterteilen, mehrere Doppelbefehle verwenden und den Einschaltvorgang durch nacheinanderfolgende Sendungen verzögern. Am Ende erreicht man so das gleiche wie wir mit unserer Anlage.

Die angeführten Beispiele zeigen, dass eine oberflächliche Kritik immer leicht ist. Bei Betrachtung der Tatsachen sieht dann vieles anders aus.

Allgemeine Überlegungen für Netzkommandoanlagen

Nach unserer Ansicht bildet die Netzkommandoanlage einen erheblichen Fortschritt gegenüber den einzelnen Schaltuhren, selbst wenn es Synchronuhren sind. Der Betriebsleiter verfügt über ein wirksames Hilfsmittel für den wirtschaftlichen Betrieb seines Netzes. Man kann die Belastungskurve beeinflussen, indem man bestimmte Lasten zeitlich verschiebt oder reduziert. Am Wochenende kann man die Energielieferung (für Heisswasserspeicher) verlängern. Falls wieder einmal Einschränkungen nötig würden, so könnte man sie sofort und für alle Abnehmer einheitlich durchführen. Die Ein- und Ausschaltzeiten der öffentlichen Beleuchtung und der Treppenhausbeleuchtung werden regelmässig und einheitlich. Die Reklamationen nehmen ab und beziehen sich nur noch auf defekte Sicherungen und ausgebrannte Lampen. Über die technischen Vorteile einer Netzkommandoanlage braucht man heute nicht mehr zu diskutieren.

Finanzielle Vorteile gibt es bei der Einführung der Netzkommandoanlage vorerst nicht. Im Gegenteil, man muss zuerst viel Geld für die Anschaffung der Anlage aufwenden und hat beträchtliche Mehrarbeit mit der Einführung der

Neuerung. Man muss gleichzeitig mit dem alten und dem neuen System arbeiten und das Personal und deren Vorgesetzte orientieren. Aber 5 bis 10 Jahre später machen sich diese Aufwendungen reichlich bezahlt und man braucht weniger Personal, so dass Leute für andere Aufgaben frei werden.

Zukünftige Entwicklung

Wir haben weiter oben erläutert, warum wir im Unterwerk La Praille nochmals eine Actadis-Anlage eingebaut haben.

Als wir dieses Unterwerk erstellten, war die Netzkommando-ausrüstung viel teurer geworden als früher. Die Compagnie des Compteurs hatte die Fabrikation von Actadis-Material aufgegeben und die Fabrikation auf das von ihr seit 10 Jahren entwickelte System Pulsadis mit 175 Hz umgestellt.

Die Actadisrelais wurden seit einigen Jahren in Genf nach handwerklichen Arbeitsmethoden gebaut und sind daher im Verhältnis zu ihrem eigentlichen Wert sehr teuer geworden.

Diese Gründe veranlassen uns, für die Zukunft ein neues System für eine Netzkommandoanlage zu suchen.

Beim heutigen Stand der Technik kommen vier Systeme mit je einer einzigen Frequenz und Impuls-Intervallen in Frage. Um alle Konflikte wegen der Bedeutung oder der Priorität auszuschalten, werden sie nachstehend in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt:

Compagnie des Compteurs, System Pulsadis, 175 Hz.
Landis & Gyr, System L. & G., Frequenzgebiet von 175...1050 Hz.

Sauter, Basel. Wir kennen das Frequenzgebiet nicht.

Zellweger, System ZAG, Frequenzbereich 500...2000 Hz.

Aus den Referenzlisten der Firmen L. und G. und ZAG ergibt sich, dass diese Firmen Anlagen für folgende Frequenzen erstellt haben:

L. & G. 175—200—205—300—400—475—510—600—725—750—950 und 1000 Hz.

ZAG 500—600—750—1050—1350—1600—2000 Hz.

Die Frequenzwahl hängt von der Gestaltung des Netzes und von den lokalen Verhältnissen ab. Die Art der Einspeisung wird bestimmt durch die gewählte Frequenz und das Risiko der gegenseitigen Beeinflussung von Nachbarnetzen.

Da an der heutigen Tagung andere Referenten über die genannten Systeme sprechen werden, verzichte ich hier auf nähere Angaben.

Wenn man in einem Netz mit vorhandener Netzkommandoanlage eine neue Netzkommandoanlage nach einem andern System einführen will, so ergeben sich eine Reihe von Problemen, insbesondere in der Periode mit gleichzeitigem Betrieb beider Systeme. Wir rechnen in Genf während einer Übergangszeit von ungefähr 5 Jahren mit einem solchen Doppelbetrieb. Ein Politiker würde sagen, dass man für eine friedliche Koexistenz sorgen müsse.

Wegen diesem Doppelbetrieb in der Übergangszeit ergibt sich für uns eine starke Begrenzung in der Frequenzwahl für das neue System. Da Actadis das ganze Frequenzband von 400...910 Hz besetzt, müssen wir für die neue Anlage entweder eine Frequenz unter 400 Hz oder aber eine Frequenz über 910 Hz wählen. Diese Forderung ergibt sich aus der Arbeitsweise der Empfänger mit ihrer ziemlich breiten Ansprechkurve (siehe Fig. 5).

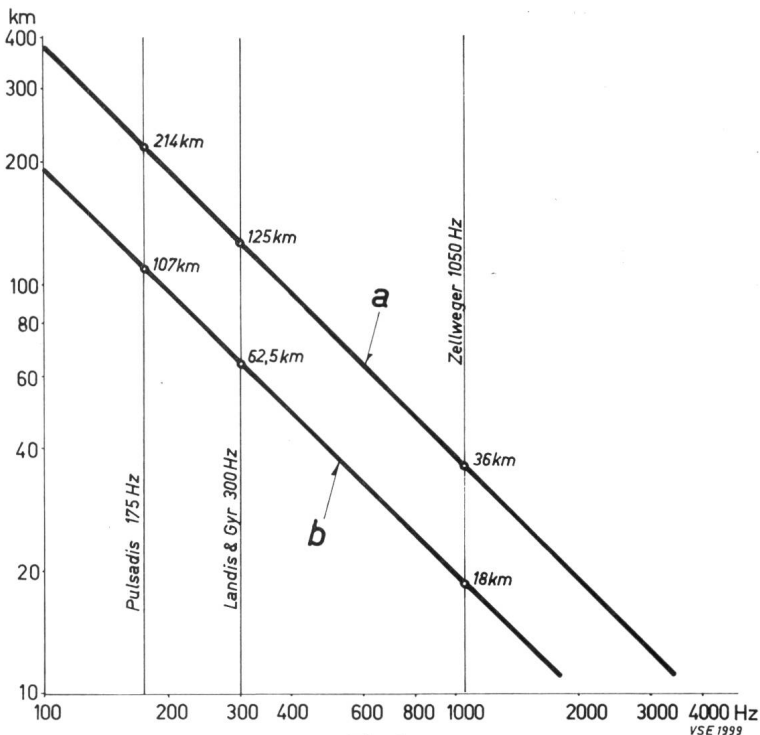


Fig. 4
Reichweite
a Freileitung b Kabel

Wir haben uns entschlossen, je einen Versuch mit dem System ZAG mit 1050 Hz und mit dem System L. & G. mit 300 Hz durchzuführen. Hierfür wurde ein vorhandener Einspeisekreis im Unterwerk Stand benutzt. Wir haben für die Versuche einen 18-kV-Abgang gewählt, an welchem sowohl städtische wie auch ländliche Gebiete angeschlossen sind. Am genannten Abgang sind 16,5 km 18-kV-Kabel und 16,3 km Freileitung angeschlossen. Die Energie wird teilweise direkt über Transformatoren 18 kV/380 V in das Niederspannungsnetz geliefert und zum Teil wird die Energie zweimal transformiert, nämlich zuerst von 18 kV auf 950 V und nachfolgend von 950 auf 380 V. Die 950-V-Freileitungen sind 3,2 km lang und die 380-V-Freileitungen 550 m lang.

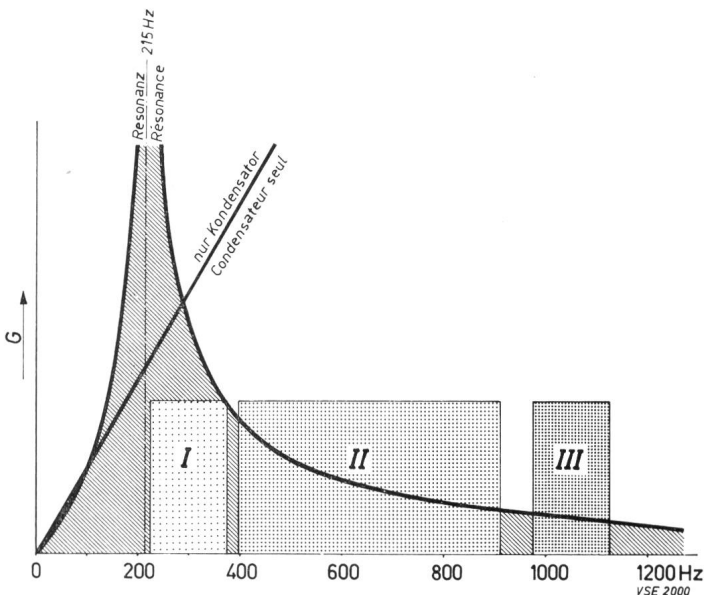


Fig. 5
Aufteilung des Frequenzbereiches
I L & G II Actadis III ZAG

Beide Netzkommandosysteme haben sehr gut gearbeitet. Mit dem Impulsschutz L. & G. hatten wir einige Schwierigkeiten.

Die Fortpflanzung der tonfrequenten Netzkommandos ist bei 300 Hz besser als bei 1050 Hz. Wir wussten bereits aus unsern Erfahrungen mit der Actadisanlage, dass der Empfangspegel bei tieferen Frequenzen regelmässiger ist.

Wir möchten vorläufig nicht weiter auf die Versuchsergebnisse eintreten, behalten uns aber vor, in der Diskussion darauf zurückzukommen.

Abschliessend können wir feststellen, dass die 45 installierten Empfänger der beiden Systeme bei allen durchgeführten Versuchen zu unserer vollen Zufriedenheit gearbeitet haben. Es wurden keine Fehler, kein ungewolltes Anlaufen der Empfänger und keine Programmstörungen festgestellt.

Im Prinzip kommen für uns beide Systeme in Frage. Wir müssen noch die folgenden Fragen näher studieren: Art der Einspeisung in Abhängigkeit von der Netzgestaltung, Gefahr der gegenseitigen Beeinflussung, Platzbedarf der Einspeiszellen, welche für 300 Hz grösser sind als für 1050 Hz und schliesslich noch die Gesamtkosten für die neue Anlage.

Genau zu prüfen ist aber auch der Empfänger. Je nach seinem Aufbau, nach seiner Konstruktion und seinem Verhalten wird er ein wirtschaftlicher oder ein unwirtschaftlicher Apparat sein. Es ist zu bedenken, dass wir eines Tages rund 30 000 Empfänger in unserm Netz haben werden und dass das in den Empfängern investierte Kapital wesentlich grösser sein wird als die Auslagen für die Anschaffung der Sendestationen.

Mit den Systemen Sauter und Pulsadis haben wir keine Versuche durchgeführt. Die gegenwärtige Konstruktion des Pulsadis-Empfängers kommt für uns nicht in Frage.

Abschliessend können wir sagen, dass das System Actadis sehr gut funktioniert hat und nun nach mehr als 21 Jahren Betrieb immer noch zu unserer vollen Zufriedenheit arbeitet. Das System ist aber veraltet und hat nur noch dokumentarischen Wert für diejenigen Leute, welche sich heute für die Anschaffung einer Netzkommandoanlage interessieren. Das Elektrizitätswerk Genf wird nächstens ein Netzkommandosystem mit einer einzigen Frequenz und mit Impuls-Intervallen einführen. Die Wahl der Lieferfirma ist noch offen.

Adresse des Autors:

D. Burger, Elektrizitätswerk der Stadt Genf, 1211 Genf

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

Produktion und Verbrauch elektrischer Energie in Frankreich im Jahre 1965

(Provisorische Zahlen)

621.31(44)«1965»

Kommentar

Bei der *Energieproduktion* fällt gegenüber dem Vorjahr der höhere Anteil der hydraulischen Produktion als Folge der günstigeren Wasserführung auf (Hydraulizitätsfaktor 1965: 1,07 gegen 0,82 im Jahre 1964). Daher ging auch die thermische Erzeugung um 4,1 TWh oder 6,9 % zurück. Der Energieimport war mit 3,8 TWh in beiden Jahren gleich gross, wobei der Anteil aus unserm Land mit 1,7 TWh am höchsten ausfiel. Auch in der Energiebilanz steht unser Land an erster Stelle mit einem Aktivsaldo von 0,53 TWh gegenüber einem Passivsaldo von 0,012 TWh 1964.

Beim *Verbrauch* fällt der hohe Anteil der Industrie auf; diese verbrauchte 1965 zwei Drittel der produzierten Energie, wogegen der Industrieverbrauch in unserem Land nicht einmal ein Drittel erreicht (30,0 %). Dementsprechend ist der Anteil Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft mit ca. 20 % wesentlich niedriger als bei uns (35,5 %). Der Anteil Bahnen ist

	1965		1964		Differenz	
	TWh*)	%	TWh*)	%	TWh*)	%
Produktion insgesamt						
Hydraulisch u. Pumpbetrieb	46,2	44,0	34,7	35,6	+11,5	+33,2
Thermisch	55,0	52,4	59,1	60,6	-4,1	-6,9
Eigenproduktion	101,2	96,4	93,8	96,2	+7,4	+7,9
Import	3,8	3,6	3,8	3,8	± 0,0	± 0,0
Total	105,0	100,0	97,6	100,0	+7,4	+7,6
davon						
EdF	67,7	66,9	61,6	65,6	+6,1	+9,9
Industrie	31,8	31,4	31,0	33,0	+0,8	+2,6
Bahnen	1,7	1,7	1,2	1,4	+0,5	+41,6
	101,2	100,0	93,8	100,0	+7,4	+7,9
Verbrauch insgesamt						
Kohlenbergwerke	15,8	15,0	18,3	18,8	-2,5	-13,3
Stahlerzeugung	12,8	12,2	12,7	13,0	+0,1	+0,8
Aluminium	5,8	5,5	5,6	5,7	+0,2	+3,6
Stickstoff	3,1	3,0	3,0	3,1	+0,1	+3,3
Papier	3,9	3,7	3,8	3,9	+0,1	+2,6
Textilien	3,0	2,9	3,1	3,2	-0,1	-3,2
Maschinen	8,2	7,8	8,1	8,3	+0,1	+1,2
Andere Industrien	16,1	15,3	12,8	13,1	+3,3	+25,8
Total Industrie	68,7	65,4	67,4	69,1	+1,3	+1,9
Bahnen	4,2	4,0	4,0	4,1	+0,2	+5,0
Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft usw.	21,3	20,3	19,5	20,0	+1,8	+9,2
Landesverbrauch	94,2	89,7	90,9	93,2	+3,3	+3,6
Verluste und Verschiedenes**)	8,0	7,6	5,1	5,2	+2,9	+51,9
Export	102,2	97,3	96,0	98,4	+6,2	+6,5
	2,8	2,7	1,6	1,6	+1,2	+75,0
Total	105,0	100,0	97,6	100,0	+7,4	+7,6

*) 1 TWh = 1 Terawattstunde = 1000 GWh = 10⁹ kWh

**) Totale Produktion — Totaler Verbrauch

	1965 MW	1964 MW
Höchste Netzbelastung	17 500	16 500
Ausbauleistung hydraulisch:		
Laufwerke	4 980	4 827
Tagesausgleich	3 260	3 201
Speicherwerke	4 410	4 379
Ausbauleistung thermisch:		
EdF	8 600	7 664
Kohlenbergwerke	2 870	2 874
Stahlwerke	900	885
	25 020	23 830
Spitzenbelastung in % der Ausbauleistung	70 %	69,2 %
Verbrauch pro Kopf der Bevölkerung:		1990 kWh
Spezifischer Brennstoffverbrauch in den thermischen Werken in Kal/kWh:	2,56	2,60