

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 57 (1966)
Heft: 2

Artikel: Netzkommando-Anlagen des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich
Autor: Erb, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916562>

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: 16.01.2026

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 der «Seiten des VSE» mit folgenden zwei Artikeln (Nr. 25 und 26/1965):

- 1) «Das Konkurrenzverhalten der ölbefeuerten kombinierten Zentralheizungs-Warmwasserbereitungsanlagen zu elektrisch beheizten Speichern» von U. V. Büttikofer, Direktor der AEK, Solothurn
- 2) «Das Boilerproblem in energiewirtschaftlicher Sicht» von J. Blankart, Direktor der CKW, Luzern

Preis ca. Fr. 2.50. Interessenten wollen sich bitte melden beim 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

Netzkommando-Anlagen des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich

von E. Erb, Ingenieur, Zürich

621.398 : 621.316

Für die Verdunkelung der öffentlichen Beleuchtung oder bei Änderung der Schaltzeiten der Neutralitätsbeleuchtung während des zweiten Weltkrieges, wurden jeweils 30 Mann einen Tag benötigt. Diese mussten die Uhren von 150 zentralen Schaltstationen und etwa 1000 Einzelschaltuhren nach einem vorbereiteten Verdunklungsplan ausser Betrieb setzen, bzw. umstellen. Die Zeit für die Umschaltung der Lichtzähler von Nieder- auf Hochtarif ändert viermal jährlich. Aus diesem Grund sind die Schaltuhren, welche die Lichtzähler steuern von Hand umzustellen. Der hierzu nötige grosse Personalaufwand weckte auch bei uns das Interesse für eine Einrichtung, die es erlaubt diese Umstellungen von einer oder mehreren Stellen aus zentral vorzunehmen.

Wir haben deshalb das Angebot der Firma Zellweger, auf ihre Kosten eine Netzkommando-Anlage in einem unserer Unterwerke versuchsweise einzubauen, gerne angenommen. Im Februar 1947 kam diese Anlage im Unterwerk Oerlikon in Betrieb. Die Tonfrequenz betrug 2000 Hz, sie wurde später auf Grund der Erfahrungen auf 1600 Hz herabgesetzt. Fig. 1 zeigt das vereinfachte Schema der Anlage. Die Energie wurde damals über zwei 150 kV-Freileitungen von den Kraftwerken im Bündnerland und dem Wägitalwerk zugeführt. Drei Regulier-Transformatoren zu 30 MVA übertragen diese Energie auf die 50-kV-Sammelschiene. Ferner speist das Kraftwerk Wettingen über eine 50-kV-Freileitung in diese Sammelschiene ein. Mit drei 50-kV-Kabelleitungen wird ein Teil der Energie in andere Unterwerke der Stadt übertragen und der Rest über 4 Transformatoren mit zusammen 30-MVA-Leistung der 11-kV-Sammelschiene zugeführt. Das 11-kV-Verteilnetz besteht aus Kabel- und Freileitungen und ist stark vermascht. Es versorgt ein Gebiet von etwa 20 km² mit 55 000 Einwohnern, über 42 Orts-Transformatorstationen. Die Ankopplung erfolgt parallel in die 11 kV-Sammelschiene über einen Isoliertransformator (T) und einen Serie-Resonanzkreis, bestehend aus Abstimmungspulen (L) und Kondensatoren (C). Die Leistung des

Drehstrom-Tonfrequenzgenerators (G) betrug 10 kVA oder 0,33 % der Leistung des 11 kV-Netzes.

Die Sendespannung schwankte zwischen 4,5 und 5,5 V bezogen auf 220 V, oder ca. 2—2,5 % der 50 Hz-Spannung. Die Ansprechspannung der Empfänger betrug 1,5 V oder 0,68 % der Netzspannung. Das Kommandogerät wies 22 Doppelbefehle auf, die wahlweise automatisch durch den Programmgeber oder von Hand ausgelöst wurden. Die Befehlsdurchgabe dauerte 3 Minuten.

Im September 1950 haben wir im Unterwerk Drahtzug eine Versuchsanlage der Firma Landis & Gyr aufgestellt. In Fig. 2 ist ein vereinfachtes einpoliges Schema dieser Anlage dargestellt. Die Energie wurde über zwei 50 kV-Kabelleitungen zugeführt und über 4 Transformatoren von zusammen 26 MVA Leistung in die 6 kV-Anlage eingespeist. Die 6 kV-Sammelschiene ist zwecks Herabsetzung der Kurzschlussleistung in zwei Abschnitte unterteilt. Von beiden Sek-

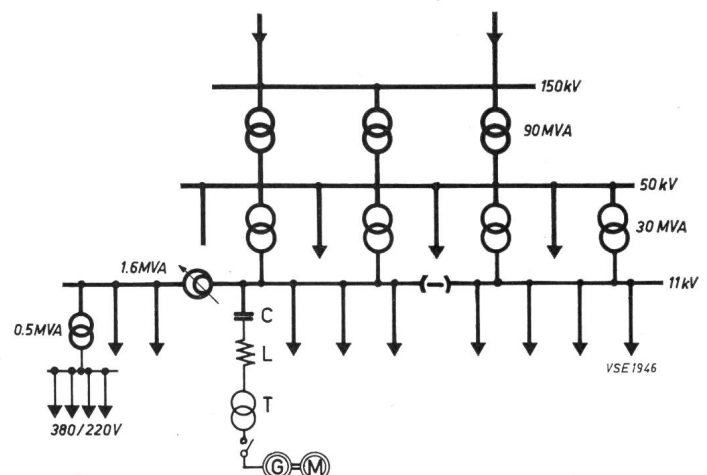
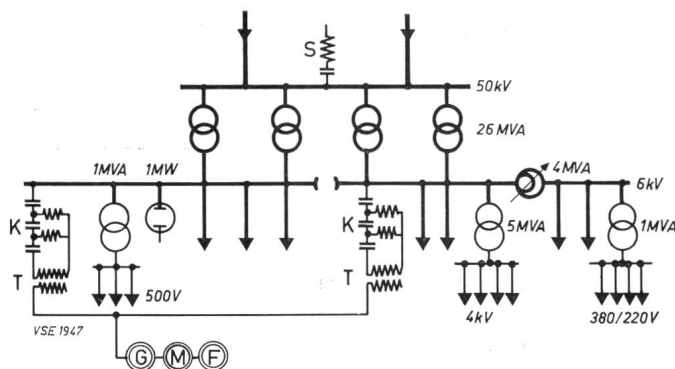


Fig. 1
Vereinfachtes einpoliges Schema der Netzkommandoanlage im UW Oerlikon (ZAG)



toren gehen Kabelleitungen zu den Orts-Transformatorstationen des Versorgungsgebietes. Ferner bestand in diesem Unterwerk ein Einphasen-Wechselstromnetz von 4 kV, das über konzentrische Kabelleitungen Licht-Transformatorstationen 4 kV/2 \times 220 V gespeist hat. Die Einspeisung der Tonfrequenz-Drehstromenergie von 475 Hz erfolgte gleichzeitig über zwei Kopplungsfilter (K), die als Hochpass ausgebildet waren, parallel in die 6 kV-Sammelschienen. Zwischen Tonfrequenzgenerator und Kopplungsfilter war ein Isolier- und Anpass-Transformator (T) eingebaut. Die Umformergruppe bestand aus 3 Maschinen, dem Antriebsmotor (M), dem Tonfrequenzgenerator (G) und einem Frequenzumformer (F). Letzterer hatte die Aufgabe die Steuerfrequenz, unabhängig von Schwankungen der Netzfrequenz, konstant auf 475 Hz zu halten. Die Bedienung und Überwachung der Gruppe erfolgte über eine Maschinenschalttafel. Der Befehlsschrank enthielt 25 Doppelbefehle, welche automatisch oder von Hand ausgelöst wurden. Ein Umlauf für das Sendeprogramm dauert 30 Sekunden. Die Nennleistung des Tonfrequenz-Generators betrug 35 kVA oder 1,35 % der Leistung des 6 kV-Netzes. Die Sendespannung wurde auf ca. 8,7 V bezogen auf 220 V, oder 3,95 % der Netzspannung eingestellt. Die Ansprechspannung der Empfänger betrug 3 V oder 1,36 % der Netzspannung. Zur Reduktion der in das 50 kV-Netz abfließenden Tonfrequenzenergie wurde an die 50 kV-Sammelschiene ein Saugkreis S (Serie-Resonanzkreis) angeschlossen.

Zur Kontrolle der Ausbreitung der Tonfrequenz-Energie wurde deren Spannung im ganzen Netz gemessen (Fig. 3). Bei beiden Anlagen genügte die Tonfrequenz-Spannung an allen Punkten der Niederspannungsnetze der überlagerten Unterwerksgebiete für ein sicheres Arbeiten der Empfänger. Die Messung an der 50 kV-Sammelschiene im Unterwerk Oerlikon, das mit einer 50 kV-Leitung von 7,66 km Länge, bestehend aus 3 Einleiter-Massekabel à 300 mm² über das Unterwerk Kantonsspital mit dem Unterwerk Drahtzug verbunden ist, ergaben für 1600 Hz 0,5 V (9,1 % der Sendespannung), für 475 Hz 1,74 V (20 %) mit eingeschaltetem Saugkreis und 3,56 V (41 %) ohne Saugkreis bezogen auf 220 V 50 Hz. Im Unterwerk Selnau, das einerseits über ein 3,65 km langes 50 kV-Ölkabel 3×150 mm² mit dem Unterwerk Drahtzug und anderseits über ein 50 kV-Ölkabel 3×150 mm² 2,09 km mit dem Unterwerk Letten und von dort über 2 parallele Massekabelleitungen à 300 mm² 3,90 km bzw. 240 mm² 3,58 km mit dem Unterwerk Oerlikon zusammenhängt, wurden folgende Werte gemessen:

a) An der 50 kV-Sammelschiene 1600 Hz 0,30 V (5,5 ‰), 475 Hz 1,78 V (20,5 ‰) mit und 3,92 (45 ‰) ohne Saugkreis bezogen auf 220 V 50 Hz.

b) Im Lichtnetz $2 \times 220 \text{ V}$, das über Transformatoren $50/6 \text{ kV}$ mit zusammen 30 MVA Leistung, einen Einphasentransformator $6/4 \text{ kV}$ von $2,5 \text{ MVA}$ und einen Transformator $4000/2 \times 220 \text{ V}$ von 600 kVA gespeist war, 1600 Hz $0,18 \text{ V}$ ($3,3 \text{ ‰}$), 475 Hz $1,95 \text{ V}$ ($22,4 \text{ ‰}$) mit und $4,1 \text{ V}$ (54 ‰) ohne Saugkreis.

Die Leistung der Tonfrequenzgruppe im Unterwerk Drahtzug betrug im Mittel der 3 Messungen mit Saugkreis 39,5 kW und ohne Saugkreis 47,5 kW, d. h. 8,0 kW oder 20,2 % mehr. Es sind somit ohne Saugkreis 8 kW mehr Tonfrequenz-Leistung vom 50 kV-Netz aufgenommen worden.

Bei der Parallel-Ankopplung auf die 11 bzw. 6 kV-Sammelschiene eines Unterwerkes liegen die Signalspannungen in den benachbarten Unterwerken bei Verwendung einer Steuerfrequenz von 1600 Hz weit unter der Ansprechspannung der Empfänger, bei 475 Hz ohne Saugkreis an der 50 kV-Sammelschiene des überlagerten Unterwerkes dagegen darüber. Während bei 1600 Hz die Reaktanz der Haupt-

Fig. 3

Messung der Tonfrequenz-Spannungen

Netzkommando-Anlage im U. W. Oerlikon. Frequenz = 1600 Hz
 Sendespannung = 5,5 V/220 V, 50 Hz = 2,5 %
 Ansprechspannung der Empfänger 1,5 V = 0,68 % der Netzspannung.

Netzkommando-Anlage im U. W. Drahtzug. Frequenz = 475 Hz
 Sendespannung = 8,7 V/220 V, 50 Hz = 3,95 %
 Ansprechspannung der Empfänger 3,0 V = 1,36 % der Netzspannung.

Tonfrequenz-Spannungen im U. W. Oerlikon
an der 50-kV-S.S. gemessen am Spannungswandler

	50 : $\sqrt{3}$ / 0,1 : $\sqrt{3}$ kV
1600 Hz	0,12 V/53 V, 50 Hz = 0,226 ‰ (0,50 V/220 V, 50 Hz)
475 Hz mit Saugkreis	0,42 V/53 V, 50 Hz = 0,79 ‰ (1,74 V/220 V, 50 Hz)
	Leistung der Tonfrequenzgruppe 39,5 kW
ohne Saugkreis	0,86 V/53 V, 50 Hz = 1,62 ‰ (3,56 V/220 V, 50 Hz)
	Leistung der Tonfrequenzgruppe 49,1 kW (+ 24,3 ‰)

Tonfrequenz-Spannungen im U. W. Selnau
an der 50-kV-S.S. gemessen am Spannungswandler

	50 : $\sqrt{3}$ / 0,1 : $\sqrt{3}$ kV
1600 Hz	0,07 V/51 V, 50 Hz = 0,137 % (0,30 V/220 V, 50 Hz)
475 Hz mit Saugkreis	0,41 V/51 V, 50 Hz = 0,81 % (1,78 V/220 V, 50 Hz)
	Leistung der Tonfrequenzgruppe 40,0 kW
ohne Saugkreis	0,91 V/51 V, 50 Hz = 1,78 % (3,92 V/220 V, 50 Hz)
	Leistung der Tonfrequenzgruppe 47,25 kW (+ 18,1 %)

am Lichtnetz $2 \times 220 \text{ V}$ gemessen, 50/6 kV (30 MVA),
6/4 kV (2.5 MVA), $4/2 \times 0,22 \text{ kV}$

1600 Hz	0,18 V/220 V, 50 Hz = 0,082 ‰
475 Hz mit Saugkreis	1,95 V/220 V, 50 Hz = 0,89 ‰
	Leistung der Tonfrequenzgruppe 38,9 kW
ohne Saugkreis	4,10 V/220 V, 50 Hz = 1,86 ‰
	Leistung der Tonfrequenzgruppe
	46,25 kW (+ 18,9 ‰)

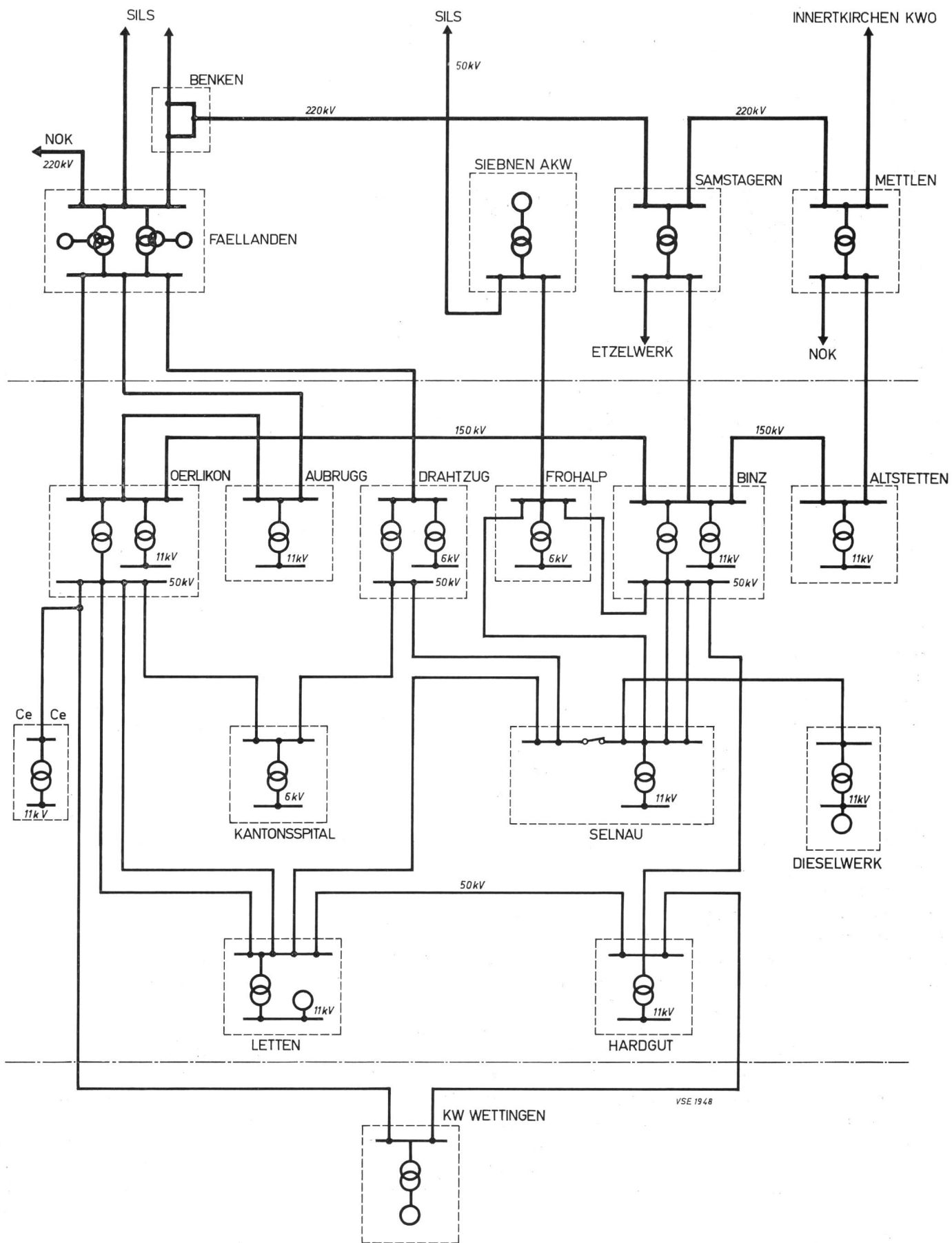


Fig. 4

Schema des 220-/150-/50-kV-Netzes des EWZ



Fig. 5
EWZ: Unterwerknetzgebiete, Stand 1965
||||| mit Netzkommandoanlage
□ ohne Netzkommandoanlage

transformatoren mit dem 50 kV-Netz zusammen ein schädliches Abfließen der Tonfrequenzenergie in das 50 kV-Netz verhindert, ist hiezu bei 475 Hz der Einbau eines Saugkreises an der 50 kV-Sammelschiene nötig.

Andererseits zeigen die Messresultate, dass der prozentuale Spannungsabfall in den Transformatoren der Ortsstationen und in den Leitungen bei 1600 Hz im allgemeinen grösser ist als bei 475 Hz.

Diese Messungen bestätigen die Berechnungen der Lieferanten.

Jedes unserer Unterwerke versorgt ein für sich abgeschlossenes Gebiet. Ein Nebeneinander von 2 verschiedenen Systemen kam nicht in Frage, weil dadurch die Umschaltungen von Netzteilen von einem Unterwerksgebiet in ein anderes unmöglich geworden wären. Im Jahre 1953 mussten wir uns deshalb für ein System entscheiden. An den Sendeanlagen und an den Empfängern sind im Laufe der Jahre gewisse Kinderkrankheiten aufgetreten, die jedoch zum Verschwinden gebracht werden konnten, so dass bezüglich Betriebserfahrungen keines der beiden Fabrikate dem andern gegenüber einen Vorsprung hatte. Beide Anlagen haben zu unserer Zufriedenheit gearbeitet. Die Ankopplung und die Frequenzgruppe waren für 1600 Hz bedeutend einfacher als für 475 Hz. Zudem beanspruchte das Kopplungsfilter für 475 Hz mehr Platz. Die für 475 Hz nötigen Saugkreise mit den zusätzlichen Schutzschaltern wären auf der 50 kV-Seite realisierbar, benötigten jedoch ein ganzes Schaltfeld und verursachten grosse Kosten. Wird die 150 kV-Übertragungsspannung direkt auf die 11 kV-Mittelspannung transformiert, wie dies grundsätzlich schon damals für alle künftigen Unterwerke vorgesehen war, müsste ein allfälliger Saugkreis an die 150 kV-Sammel-

schiene angeschlossen werden, was noch grössere Kosten bedingen würde.

In den Empfängern der Anlage mit 1600 Hz werden die Tonfrequenz-Impulse mit Hilfe eines Gleichrichters und eines Kondensators leistungsfähig verstärkt. Dieser Speichervorgang bedingt eine längere Dauer der Befehlsdurchgabe. Durch die Zuordnung der ersten Befehle des ganzen Programms für die Strassen- und Treppenhausbeleuchtung erfolgt deren Ein- und Ausschaltung trotzdem genügend rasch. Für die Tarifumschaltung und die Sperrung der Boiler ist der 3 Minuten dauernde ganze Sendevorgang nicht nachteilig.

Auf Grund dieser Überlegung haben wir uns für das Zellweger-System und die dezentralisierte Einspeisung entschlossen. Eine nochmalige Überprüfung hat ergeben, dass von allen Frequenzen über 1000 Hz, diejenige von 1600 Hz für unsere Netzverhältnisse die günstigste ist.

Aus dem Schema unseres Hochspannungsnetzes (Fig. 4) sieht man deutlich, dass die Einspeisung der Tonfrequenz-Energie am zweckmässigsten in die 11 bzw. 6 kV-Sammelschiene jedes Unterwerkes vorgenommen wird. Diese Lösung hat zudem den Vorteil, dass die Programme des Kommandogerätes dem Belastungsverlauf des zugehörigen Unterwerkes angepasst werden können. Die Ankopplung in das 50 kV-Netz, die von einer Firma seinerzeit vorgeschlagen wurde, wäre bei der heutigen Netzgestaltung unmöglich, da diese Spannung nicht mehr in allen Unterwerken vorhanden ist.

Da zu dieser Zeit im EWZ-Netz über 30 000 Schaltuhren im Wert von mehreren Millionen Franken eingebaut waren, konnten diese selbstverständlich nur schrittweise durch Netzkommandoempfänger ersetzt werden. Vorerst wurden die Schaltuhren im Versorgungsgebiet des Unterwerkes Oerlikon,

wo die erste definitive Sendeanlage in Betrieb war, sukzessiv gegen Empfänger ausgewechselt. Ferner rüsteten wir die Neuanlagen in diesem Gebiet mit Empfängern aus. Die freiwerdenden, noch betriebstüchtigen Schaltuhren verwendeten wir für den Bedarf der übrigen Netze. Durch dieses Vorgehen wurde verhindert, dass von Anfang an alle Unterwerke mit einer Sendeanlage auszurüsten waren und trotzdem keine neuen Schaltuhren gekauft werden mussten.

Im September 1955 kam die Netzkommandoanlage im Unterwerk Binz in Betrieb. Im Dezember 1959 folgte die Anlage im Unterwerk Altstetten. Mitte April 1963 nahm das Unterwerk Aubrugg den Betrieb auf und damit auch eine Netzkommandoanlage. Die Inbetriebsetzung der Sendeanlage im Unterwerk Drahtzug erfolgte am 20. August 1964. Die Auswechslung der Schaltuhren geschah auch in diesen Versorgungsgebieten nach den gleichen Überlegungen wie in Oerlikon. Für das im Bau befindlichen Unterwerk Hönggerberg ist eine Netzkommandoanlage bestellt, ebenso für die projektierten Unterwerke Frohalp und Herderen.

Ende 1964 standen 5 Sendeanlagen mit 13 250 Empfängern in Betrieb. Etwa 18 000 Schaltuhren sind noch durch Netzkommando-Empfänger zu ersetzen. Bis heute werden jährlich ca. 1000 Empfänger installiert. Es dürfte somit noch etliche Jahre dauern, bis in Zürich alle Schaltuhren ersetzt sind.

Auf dem Übersichtsplan der Stadt Zürich (Fig. 5) sind die heute den Unterwerken zugeordneten Versorgungsgebiete schraffiert eingetragen. In den Grenzgebieten gegen die nicht überlagerten Netze können keine Empfänger eingebaut werden, um eventuell nötige Umschaltungen von Netzteilen nicht zu verunmöglichen.

In den Versuchsanlagen sind auch an den Sendeeinrichtungen Störungen aufgetreten, was sich für den Betrieb nachteilig ausgewirkt hat. Wir haben deshalb alle Bestandteile normalisiert und so angeordnet (Fig. 6), dass defekte Teile durch einfache Schaltungen ausgemerzt werden können und trotzdem das ganze Netzgebiet überlagert werden kann. Zur Herabsetzung der Kurzschlussleistung ist die 11 kV-Anlage mit 2 Sammelschienen ausgerüstet, die jede mit 30 MVA gespeist wird. Jeder Schiene ist eine Kopplungszelle und eine Tonfrequenzgruppe zugeordnet. Normal speist ein Tonfrequenzgenerator von 20 kVA Leistung das ganze Netz über beide Kopplungszellen parallel. Beim Ausfall dieser Maschine kann auf die andere umgeschaltet werden. Ist ein Glied einer Kopplungszelle defekt, wird die ganze Zelle ausser Betrieb genommen und die Einspeisung erfolgt über die andere Kopplungseinrichtung nacheinander in die Sammelschienen I und II.

Dabei muss die 2. Sendung, nach der Umschaltung der Sammelschienen-Abzweigtrenner in der Kopplungszelle, von Hand gestartet werden. Bei schwacher Belastung und Betrieb von nur einem Netztransformator auf die gekuppelten Sammelschienen wird das ganze 11 kV-Netz über die noch betriebstüchtigen Ankopplung mit Tonfrequenz-Signalen gespeist. Erfolgt eine Störung am Hauptkommandogerät, kann auf ein kleines Reserve-Kommandogerät umgeschaltet werden. Letzteres enthält 22 Schalter, die entsprechend dem Sendeprogramm von Hand zu betätigen sind.

Der Antrieb der Tonfrequenz-Generatoren (G1 & G2) $3 \times 465/430$ V, 21 kVA, 1600 Hz erfolgt durch Asynchron-

Kdo Nr	Bedeutung	Zeit	
1	Strassenbeleuchtung Ganz-Nacht	Astronomisch	ein - aus
3	Treppenhausbeleuchtung Voll-Licht	Astronomisch	ein - aus
5	Strassenbeleuchtung Halb-Nacht		0500-0030
7	Treppenhausbeleuchtung Dämmer-Licht		2130-1100
9	Boiler mit Kochherdumschalter	0100-0215, 0330-1115, 1230-2130	
10	Boiler mit Kochherdumschalter	0215-1115, 1230-2130	
11	Kochkessel u. Heizungen	1230-1115	
13	Boiler	2130-0630	
15	Haushalt-, NK-, NB-, NG-Zähler HT	0630-2130	
17	Boiler	0215-0630	
19	Licht-Zähler HT	1600/1900-2130	
2	Gruppenwahlbefehl Gruppe B		
14	Boiler	2230-0630	} Wochenende Sa. 1230-2130 So. 0400-1000
16	Boiler	0130-0700, 1930-2230	
18	Boiler	0215-0800, 1930-2230	
20	Boiler	0300-0800, 1930-2230	
21	Boiler	0400-0800, 1800-2230	
22	Boiler	0215-0700, 1800-2130	
4	Gruppenwahlbefehl Gruppe D		
14	Boiler	0800-1100, 2000-0200	} Wochenende Sa. 1530-2130 So. 0400-1000
16	Boiler	0200-1100	
18	Boiler	0100-0700, 1300-1600	
20	Boiler	0200-0800, 1300-1600	
21	Boiler	0330-0900, 1300-1600	
22	Boiler	0330-0800, 1600-2000	
6	Gruppenwahlbefehl Gruppe F		
14	Synchronisation Nachstellen		
16	Öffentl. Uhren Richten		
18	Boiler	0030-0630, 1230-1500	
20	Boiler	2230-0630, 1230-1600	
21	Boiler	2230-0630, 1230-1800	
22	Boiler	2230-0630, 0840-1115, 1230-1700	
8	Gruppenwahlbefehl Gruppe H Reserve		
12	Gruppenwahlbefehl Gruppe M Reserve		

motoren (M1 + M2) 3×380 V, 31,5 PS, 3000 U/min, mit sehr kleinem Schlupf. Dieser beträgt bei Vollast maximal 0,85 %. Dadurch sinkt auch die Tonfrequenz von nominell 1600 Hz auf 1586 Hz. Dies ist jedoch kein Nachteil, da das Eingangsfilter der Empfänger für Frequenzschwankungen von ± 4 % gebaut ist. Die Schutz-Transformatoren (Tr1 + Tr2) haben eine Leistung von 25 kVA, 1600 Hz. Das Übersetzungsverhältnis beträgt 500/205—550 V für 11 kV-Netze und 500/118—318 V für 6 kV-Anlagen. Die Induktivität der Abstimmspulen (L1 + L2) kann von 1,5—1,75 mH variiert

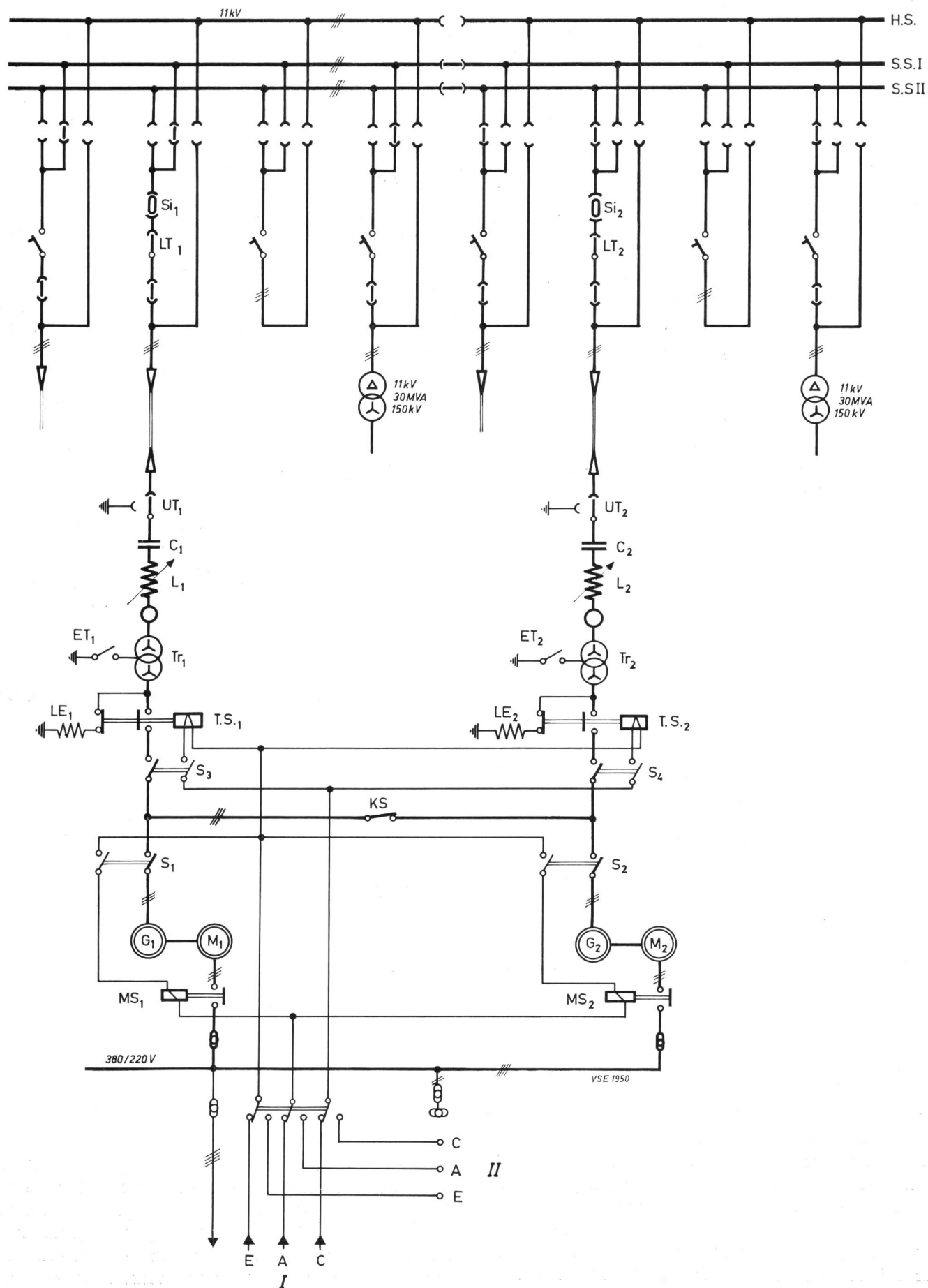


Fig. 6

Prinzipschema der Netzkommandoanlage

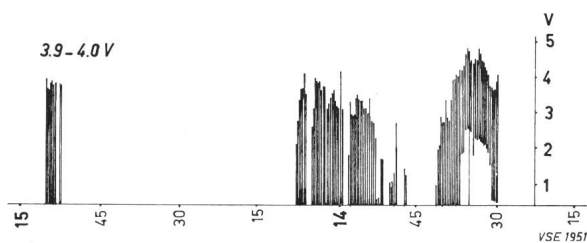


Fig. 7
Störspannungen

werden. Die Kondensatoren (C1 + C2) haben eine Kapazität von $4 \mu\text{F}$. Der 50 Hz-Ladestrom aus dem 11 kV-Netz beträgt 8 A, was einer Ladeleistung von 152 kVar entspricht. Das Kommandogerät steuert und überwacht die gesamte Netzkommando-Anlage. Es enthält im wesentlichen den Impulsgeber, zwei Programmuhren zur zeitabhängigen Steuerung der Befehle, Handschalter und Kontroll-Lampen für jeden Doppelbefehl, die Kontrollempfänger, ein Voltmeter für die Signalspannung, Schaltuhren für die Strassen- und Treppenhausbeleuchtung und die Wochenendschaltungen.

In den Sendepausen sind die Kopplungskreise über die Tastschützen (TS1 + TS2) und die Ersatz-Induktivitäten (LE1 + LE2) an Erde gelegt, und wirken so als Saugkreise. Dadurch werden die Steuerimpulse von benachbarten Unterwerken und von elektr. Maschinen oder Apparaten erzeugte Oberwellen, deren Frequenz mit der Steuerfrequenz zusammenfällt, unschädlich gemacht.

Das Zellweger-System arbeitet normal mit 22 Doppelbefehlen. Bei grösserem Bedarf können nach den Gruppenwahlverfahren maximal 11 Gruppenwahlimpulse für je 11 Befehlsimpulse, d. h. $11 \times 11 = 121$ Doppelbefehle übermittelt werden. Wir haben uns für 11 Grundbefehle und 5 Gruppen à 6 Befehle, somit 41 Doppelkommandos entschieden.

Die Tabelle I zeigt unser Sendeprogramm. In den meisten Abonnenten-Anlagen kommen wir mit den 11 Grundbefehlen aus. Mit Ausnahme der Befehle für das Richten der Uhren übernehmen unsere Netzkommando-Anlagen nur die Aufgaben der ehemaligen Schaltuhren. Wesentlich ist die Einschaltung von Boilern zur Ausfüllung von Belastungstälern während der Nacht und zum Teil auch am Tag. Unser Programm ergibt 36—37 Anläufe pro Empfänger und Tag. Zur Schonung der Anlagen sollte diese Zahl nach Möglichkeit reduziert werden.

Die im Netz zu Verbesserung des Leistungsfaktors eingebauten Kondensatoren absorbieren bei 1600 Hz zu viel Tonfrequenz-Energie und senken dadurch die Signalspannung örtlich unter die Ansprechspannung der Empfänger. Aus diesem Grund sind für alle Kondensatoren im Einheitsnetz $3 \times 380/220 \text{ V}$ Tonfrequenz-Sperren vorgeschrieben. In den Niederspannungsanlagen von Hochspannungsbezügern und im Kraftnetz $3 \times 500 \text{ V}$ wird vorläufig auf eine Sperrung verzichtet. Bei Kondensatoren mit einer Leistung von mehr als 10 kVar ist jedoch Platz für den nachträglichen Einbau von Sperren vorzusehen. Die Sperren sind nach den Leitsätzen, Publikation 4007, des SEV auszuführen. Die bei der Einführung der Netzkommando-Anlagen vorhandenen Kondensatoren wurden auf unsere Rechnung gesperrt. Bei Neuanlagen sind die Sperren von Abonnenten anzuschaffen und zu bezahlen.

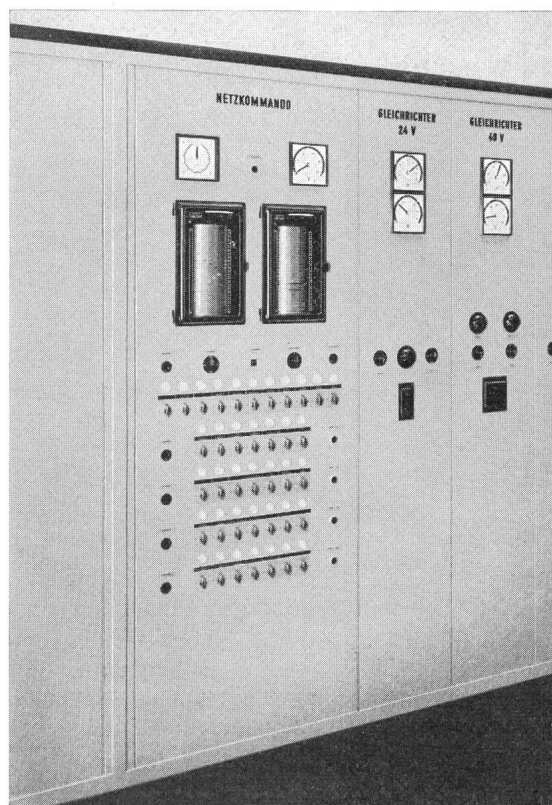
Schädliche Störspannungen sind in unserem Netz nur ganz selten vorgekommen. Fig. 7 zeigt eine solche Erscheinung. Diese Störspannungen wurden durch Wackelkontakte an Steckern von transportablen Schweißstransformatoren nach dem Verfahren des Löschfunktensenders erzeugt. Zufällig bestand zwischen der Leitungsinduktivität und den verwendeten Blindleistungskondensatoren, die nicht mit einer Tonfrequenzsperre versehen waren, bei 1600 Hz Resonanz. Die Leistung solcher Störquellen ist jedoch so klein, dass nur die nächstgelegenen Empfänger beeinflusst werden.

Nachdem die Kondensatoren abgetrennt waren, erreichte der Störpegel nur noch etwa 0,05—0,1 V.

Störungen an Netzkommandoempfängern und Schaltuhren

Im Jahre 1964 registrierten wir an den am häufigsten verwendeten Netzkommando-Empfängern Typ ZE 22/3 folgende Störungen:

Gehäuse defekt	2
Feinsicherung defekt durch Oxydation der Kappen oder Schluss des Heizwiderstandes	26
Kippschalter defekt	14
Motorschalter unterbrocht	47
Synchronmotor blockiert oder Anker streift	19
Sucherkontakt verschmutzt	53
Kein Anlauf durch Tonfrequenzimpuls oder Starter	58
Fehlschaltungen (Reklamation der Abonnenten)	108
Zusammen	327
Montierte Empfänger 8535,	gestört 3,83 %



Kommandoschrank (Photo ZAG)

Die Illustrationen mit dem Vermerk: Photo ZAG stellen besonders instruktive Beispiele dar, die nicht mit dem jeweiligen Text in Zusammenhang stehen.



Ankopplungszelle (Photo ZAG)

Ein Teil dieser Fehler konnte an Ort und Stelle behoben werden, die andern Apparate kamen zur Reparatur in die Eichstätte. Dort wurden folgende Fehlerursachen gefunden: Filter verstimmt, Gleichrichter defekt, Glimmröhre Zündspannung verändert. Bei einigen Empfängern musste der Federsatz nachjustiert werden. Diese Empfänger hatten eine relativ lange Entwicklungszeit. Wir haben Apparate aus allen Entwicklungsperioden in Betrieb und hoffen deshalb, dass sich die prozentuale Fehlerzahl noch verkleinern werde.

Von den montierten Schaltuhren wurden 1964 6,5 % von Defekten betroffen. Zudem kommt die Reparatur einer Schaltuhr teurer zu stehen, als diejenige eines Empfängers.

Störungen an den Sendeanlagen

An den Kommandogeräten sind seit der Inbetriebsetzung nur wenige Störungen aufgetreten. An einem Impulsgeber musste der Synchronmotor ersetzt werden, weil der Anker

streifte. An den Kontroll-Empfängern sind einzelne Störungen an Kippschaltern aufgetreten, auch wurde der Ersatz einiger Rollenhebefedern nötig. Revisionen sollten nach ca. 5 Betriebsjahren durchgeführt werden.

Die Motor- und Tastschützen wurden anfänglich starr an die Wände montiert. Durch die Erschütterungen brachen mit der Zeit die Anschlussleitungen für die Spulen. Einzelne Kurzschlussringe an den Magnetkernen wiesen ebenfalls Brüche auf. Seitdem die Schützenkasten auf Gummizwischenpuffern montiert sind, traten keine solche Störungen mehr auf. Der Nennstrom der Schützen wurde etwa 2mal grösser gewählt als der Betriebsstrom.

An den Umformerguppen mussten nach 4—6 Jahren einzelne Kugellager ersetzt werden. Seither wurden die Maschinen periodisch kontrolliert und die Lager gefettet.

Vereinzelt gingen Klagen ein über Störungen durch Tonfrequenz-Impulse beim Radioempfang und bei Tonbandaufnahmen. Es handelt sich dabei meistens um billige Apparate. Laut Artikel 6, Absatz 3 der Verfügung des eidg. Post- und Eisenbahndepartements für den Schutz der Radioempfangsanlagen gegen radioelektrische Störungen, hervorgerufen durch Stark- und Schwachstromanlagen, vom 29. Jan. 1935 mit Ergänzungen vom 15. Dez. 1942 ist die Beseitigung der niederfrequenten Störungen ausschliesslich durch geeignete Anpassung der Empfangsanlage (Abschirmung, Anwendung von Siebketten, besondere Schaltungen usw.) anzustreben. Die Tonfrequenzspannung darf jedoch den zulässigen Wert nicht übersteigen (Meisterkurve).

Zum Schluss möchte ich noch einen Kostenvergleich durchführen.

Eine einfache Schaltuhr für 2 Doppelbefehle kostet Fr. 53.— mehr als ein entsprechender Empfänger. Eine Schaltuhr mit astronomischer Zeitscheibe für die Treppenhausbaubeleuchtung und 3 weitere einfache Funktionen ist Fr. 160.— teurer als ein gleichwertiger Empfänger. Der Mehrpreis für die Schaltuhren beträgt im Mittel ca. Fr. 95.—. Zur Zeit werden von einer Sendeanlage durchschnittlich 2650 Empfänger betätigt. Die Schaltuhren würden somit $2650 \times \text{Fr. } 95.— = \text{ca. Fr. } 250\,000.—$ mehr kosten. Mit dieser Summe können die Kosten einer kompletten Sendeanlage inkl. Montage sicher bezahlt werden, womit der Beweis erbracht ist, dass die Netzkommandoanlagen auch in finanzieller Hinsicht den Uhren überlegen ist.

Adresse des Autors:

E. Erb, Ingenieur, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ), 8023 Zürich

Aus dem Kraftwerksbau

Pressecommuniqué

Aufrichtefeier beim Kraftwerk Aarberg

Auf der Baustelle des Kraftwerkes Aarberg fand im Beisein von Vertretern der Bernischen Kraftwerke AG (BKW) und der beauftragten Ingenieurbüros und Bauunternehmungen mit ihren Arbeitern am 22. Oktober 1965 das Aufrichtefest statt, nachdem das Maschinenhaus im Rohbau fertiggestellt war. Am Bau von Stauwehr und Maschinenhaus sind die Bauunternehmungen Losinger & Co. AG, Bern, Reifler & Guggisberg, Ing. AG, Biel,

und H. Müller & Co. AG, Aarberg, beteiligt. Dieses Konsortium hat den Bauplatz im Winter 1962/63 bezogen und seither die beiden Stauwehrpfeiler, das Maschinenhaus und Teile des Schaltgebäudes erstellt. Eine momentane schwierige Lage schuf der durch Hochwasser verursachte Dammbruch der Maschinenhaus-Baugrube am 19. Mai 1965. Durch unermüdlichen Einsatz aller Beteiligten gelang es, einen grösseren Rückstand auf das Bauprogramm zu verhindern.

Im Frühjahr 1963 begann die Bauunternehmung A. Marti & Cie. AG, Bern, mit den Arbeiten im Staugebiet. Der für die