

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 62 (1971)
Heft: 24

Artikel: Bauweise eines städtischen Mittelspannungsnetzes
Autor: Schell, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915880>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.05.2025

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

Fall sein wird. Vielleicht gelingt es aber auch erst, wenn wir durch zu grossen Zeitverlust in eine Versorgungslücke geraten und jeder die Folgen am eigenen Leib erfährt!

Angesichts einer solch wenig erfreulichen Lage wäre man geneigt, die

Bedeutung der Elektrizitätsverwertung

als Aufgabe unserer Genossenschaft zu verkennen und eine absatzfördernde Politik der Werke zu verneinen. In der Tat werden unter den gegenwärtigen Verhältnissen unsere Anstrengungen und Initiativen für eine aktive Elektrizitätsverwertung und eine planmässige konsequente Absatzpolitik erschwert und durchkreuzt. Es wäre aber falsch, zu resignieren oder den eingeschlagenen Weg aufzugeben, denn abgesehen davon, dass sich die Situation in kurzer Zeit wieder ändern kann, wird die Bewältigung der Umweltschutzprobleme der sauberen elektrischen Energie neue Aufgaben zuweisen, auf die wir uns vorbereiten müssen. Wir werden uns auch neuen Gewohnheiten und Bedürfnissen der Verbraucher nicht verschliessen dürfen, weil in der freien Marktwirtschaft der Kunde König ist! Diesem Grundsatz muss sich auch die Elektrizitätswirtschaft, gerade weil sie über ein faktisches Monopol verfügt, anpassen. Es wäre falsch, wenn sich die Verbraucher vorwiegend nach uns richten müssten. Unsere Tätigkeit auf dem Gebiete der Elektrizitätsanwendung und -verwertung muss deshalb aktiv bleiben und eine gezielte Absatzförderung zur Ermöglichung einer optimalen Ausnutzung unserer Produktions- und Verteilanlagen bleibt weiterhin aktuell.

Ich möchte mit dieser Betrachtung überleiten zu unserer eigentlichen Tätigkeit, wie sie im gedruckten Geschäftsbericht für das Jahr 1970 umschrieben ist, und davon die Schaffung der

Entwicklungs- und Beratungsstelle

herausgreifen. Die Notwendigkeit einer solchen Dienstleistung habe ich an der letzten Mitgliederversammlung hervorgehoben. Sie wurde inzwischen geschaffen.

In Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Kommission für Elektrowärme (SKEW) wurden Ziel und Aufgabe der Entwicklungs- und Beratungsstelle umschrieben, die Pflichtenhefte bereinigt und der Personalbestand der technischen Abteilung, der die Beratung angegliedert ist, in einer ersten Phase um zwei Elektroingenieure HTL erhöht. Daraus werden uns erhöhte Kosten, vorwiegend auf dem Lohnkonto entstehen. Damit unsere ordentlichen Einnahmen aus Mitgliederbeiträgen durch den erweiterten Aufgabenbereich nicht zu stark belastet werden, sind wir auf eine angemessene Honorierung durch die Auftraggeber angewiesen. Sie erfolgt nach SIA-Tarif B mit entsprechenden Rabatten für Mitglieder und Subvenienten.

Unsere neue Dienstleistungsstelle steht grundsätzlich allen Interessenten aus Kreisen der Elektrizitätswerke, der Apparat-Industrie, von Bauherren, Architekten, Ingenieuren, Installateuren usw. offen. Das Arbeitsprogramm umfasst u. a. den Aufbau einer systematischen Dokumentation über Energieanwendungen inkl. Randgebiete, Sammeln und Auswerten von Erfahrungen und anschliessende Information, Durchführung von Elektroberaterkursen, Erstellen von Grundlagenstudien über technische und wirtschaftliche Probleme von Elektrizitätsanwendungen, Koordination von Entwicklungsarbeiten zwischen den einzelnen Unternehmungen oder Arbeitsgruppen, Förderung des Kontaktes zwischen der Industrie, den Werken und Installateuren, Durchführung von Fachtagungen, Beurteilung von neuen Elektrizitätsanwendungen, Durchführung von Vorstudien und Beratung bei der Projektierung, namentlich für Grundsatzabklärungen und Ausarbeitung von Lösungsvorschlägen usw.

Damit habe ich Ihnen einen kurzen Einblick in unsere jüngste Dienstleistungsstelle auf dem Gebiete der Elektrizitätsverwertung gewährt, und ich möchte Sie ersuchen, davon einen regen Gebrauch zu machen. Unsere Verwaltung und die Geschäftsleitung sind Ihnen dankbar für Ihre Unterstützung und für allfällige Anregungen und Ratschläge.

Adresse des Autors:

G. Hertig, Direktor der BKW, Viktoriaplatz 2, 3000 Bern.

37. Diskussionsversammlung des VSE 2./3. Juni 1971 in Lausanne

Bauweise eines städtischen Mittelspannungsnetzes

Von J. Schell, Genf

Nach einer kurzen Einführung, dazu bestimmt, Ihnen das Verteilnetz, mit welchem ich mich befasse, in zeitlicher und räumlicher Hinsicht zu skizzieren, schlage ich Ihnen vor, das Problem in folgender Reihenfolge zu behandeln:

1. Allgemeine Struktur des 18-kV-Kabelnetzes des Genfer Elektrizitätswerkes;
2. Verwendete Apparate;
3. Betrieb.

Zu Beginn sei erwähnt, dass das Genfer Elektrizitätswerk, wenn auch am 1. April 1931 juristisch umgewandelt, seit dem 10. Juli 1896 besteht.

Zu diesem Zeitpunkt betrug der Verbrauch ungefähr 8000 kWh pro Jahr, während er heute auf 1,261 Mrd. kWh pro Jahr für den ganzen Kanton, ausgenommen die Enklave von Céligny, angewachsen ist.

Dies gibt uns einen Fingerzeig, dass Netze nicht auf einmal gebaut werden, es sei denn, man baue neue Städte wie Brasilia oder Chandigarh; vielmehr wachsen sie langsam, entwickeln sich, werden modernisiert und abgeändert, kurz gesagt, sie leben. Die Konstrukteure tragen häufig diesem Wachstum nicht genügend Rechnung, wenn sie uns neue an und für sich sehr interessante und sinnreiche Apparate oder Vorschläge unterbreiten, welche aber in der Planung der Modernisierung auf lange Sicht ihren Platz finden müssen.

1. Allgemeine Struktur des 18-kV-Kabelnetzes der Genfer Elektrizitätswerke

Das Netz wird von 3 Unterstationen 130/18 kV angespiesen, im Jahre 1974 werden es deren 6 sein.

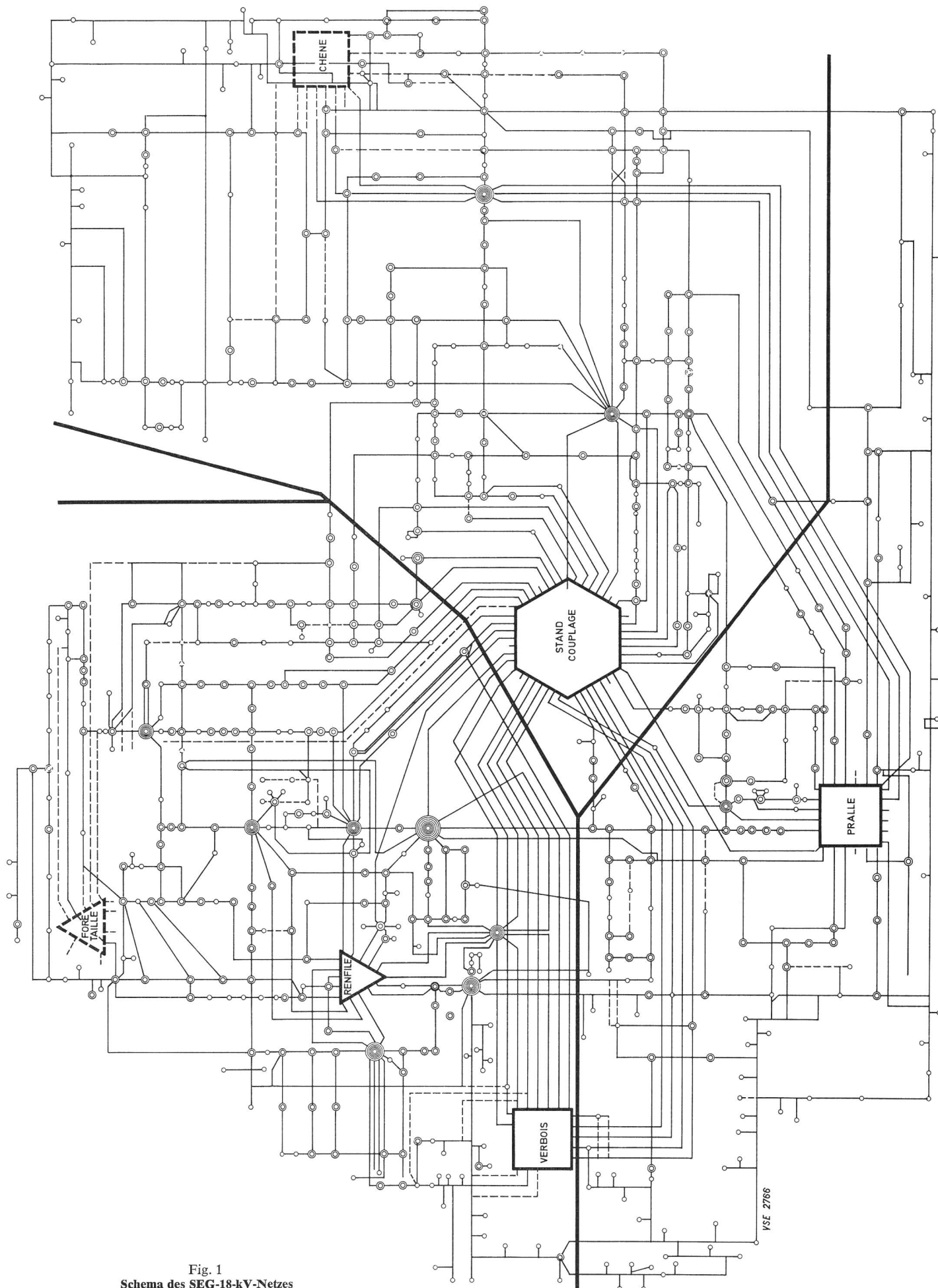


Fig. 1
Schema des SEG-18-kV-Netzes

Jede dieser Unterstationen enthält 3 bis 6 Transformatoren von 30 MVA und ungefähr zwanzig 18-kV-Abgänge. Diese sind mit Schaltern von 1250 MVA Abschaltvermögen und mit Sekundärrelais ausgerüstet (magnetische und Erdschlussrelais).

Der Nullpunkt, gebildet durch die Sternpunkte der Transformatoren, ist über Peterson-Spulen geerdet.

Die von diesen Unterstationen strahlenförmig abgehenden Kabel traversieren die MS/NS-Quartier-Trafostationen und bilden so das «antennenförmige» Verteilnetz nach dem Prinzip offener Vermaschung.

Die Energie verlässt die Quartierkabinen durch normalisierte Kupferkabel von 150 mm² Querschnitt mit der Spannung 3 × 220/380 V, jedes durch einen Schalter mit thermischen und magnetischen Relais geschützt.

Dieses Netz verteilt gegenwärtig mehr als eine Million MWh pro Jahr mit einer Benutzungsdauer der zur Verfügung stehenden Spitzenleistung von ungefähr 220 MW von über 5000 Stunden. Diese Werte entsprechen einem mittleren jährlichen Verbrauch von 3300 kWh pro Einwohner. Das Netz besteht aus ungefähr 600 MS/NS-Trafokabinen, welche unter sich und mit den 130/18-kV-Unterstationen durch ungefähr 700 km Kabel verbunden sind.

Als Folge des steigenden Stromverbrauches und bedingt durch folgende 3 Faktoren:

- Versorgung neuer Abonnenten
- Leistungszuwachs bestehender Abonnenten
- Neue Verbindungen für diesen Energiezuwachs müssen jährlich 40 bis 50 neue Kabinen gesetzt und mehr als 30 km Kabel verlegt werden.

Die Gesuche für den Anschluss neuer Abonnenten werden von der Projektteilung unseres Betriebes behandelt. Diese Abteilung analysiert die Folgen dieser verlangten neuen Anschlüsse in bezug auf termingerechten Ausbau des Verteilnetzes.

Der Leistungszuwachs bei bestehenden Abonnenten wird durch unser Netzlaboratorium nach festgelegten Programmen, mittels tragbaren Registrierinstrumenten, in den Kabinen ermittelt.

Ein gleiches mechanisches Registrierverfahren erlaubt auch die listenmässige Aufzeichnung der Belastungen aller unserer Kabinen und ausserdem derjenigen mit einer Belastung von über 80 %. Auf Grund dieser Unterlagen werden durch unsere Netzabteilung kurzfristig die nötigen Ausbauten vorgenommen.

Was die neuen Kabelverbindungen, im allgemeinen von der Netzabteilung vorgeschlagen, anbelangt, werden diese zuerst im Rahmen des allgemeinen Ausbauplanes mit der Abteilung für Ausrüstungen und anschliessend mit der für die Koordination der Tiefbauten der öffentlichen Genfer Betriebe verantwortlichen Kommission besprochen.

Die Entwicklung auf mittlere oder lange Sicht wird alle 5 bis 7 Jahre durch einen allgemeinen Ausbauplan festgelegt, worin sowohl die oben erwähnten Elemente als auch die Statistiken über Bevölkerungszunahme berücksichtigt werden. Die durch eine aus Vertretern der interessierten Abteilungen bestehende Arbeitsgruppe, unter dem Vorsitz des verantwortlichen Ingenieurs, ausgearbeiteten Schlussfolgerungen dieses Planes bilden die allgemeinen Richtlinien für die folgenden Jahre.

2. Verwendete Apparate

In den 130/18-kV-Unterstationen werden 2 Arten von 18-kV-Schaltern verwendet:

- Druckluftschalter 20 kV – 1000 A mit Abschaltvermögen von 1200 MVA.
- Ölarme Schalter, 20 kV – 1250 A mit Abschaltvermögen von 750 MVA.

Diese *Linien-schalter* am Anfang der Leitungen müssen mit Sicherheit zwei- oder dreipolige Leitungskurzschlüsse unterbrechen können.

S	252	S.D.N.							
			3X 500 KVA ABO	18/380 V	1382 KVA	92 %	01.70		
			1X 400 KVA RES	18/950 V	186 KVA	47 %	12.69		
			1X 50 KVA RES	950/380 V	32 KVA	63 %	01.70		
S	265	SECHERON, AVENUE DE-						TEL.	31.39.01
			2X 400 KVA	18/380 V	670 KVA	84 %	02.70		
S	87	SURVILLE							
			1X 400 KVA	18/950 V	182 KVA	46 %	12.70		
			1X 400 KVA	18/380 V	325 KVA	82 %	12.70		
PA	135	TOUR, LA- SACONNEX D ARVE							
			1X 200 KVA	18/380 V	162 KVA	81 %	02.70		

VSE 2827

Fig. 2

Beispiel einer vervielfältigten Registrierung der Belastungen

mit Type, Nummer und Name der Station, Leistung und Spannung der Trafo, Max. bezogene Leistung und Datum der Registrierung

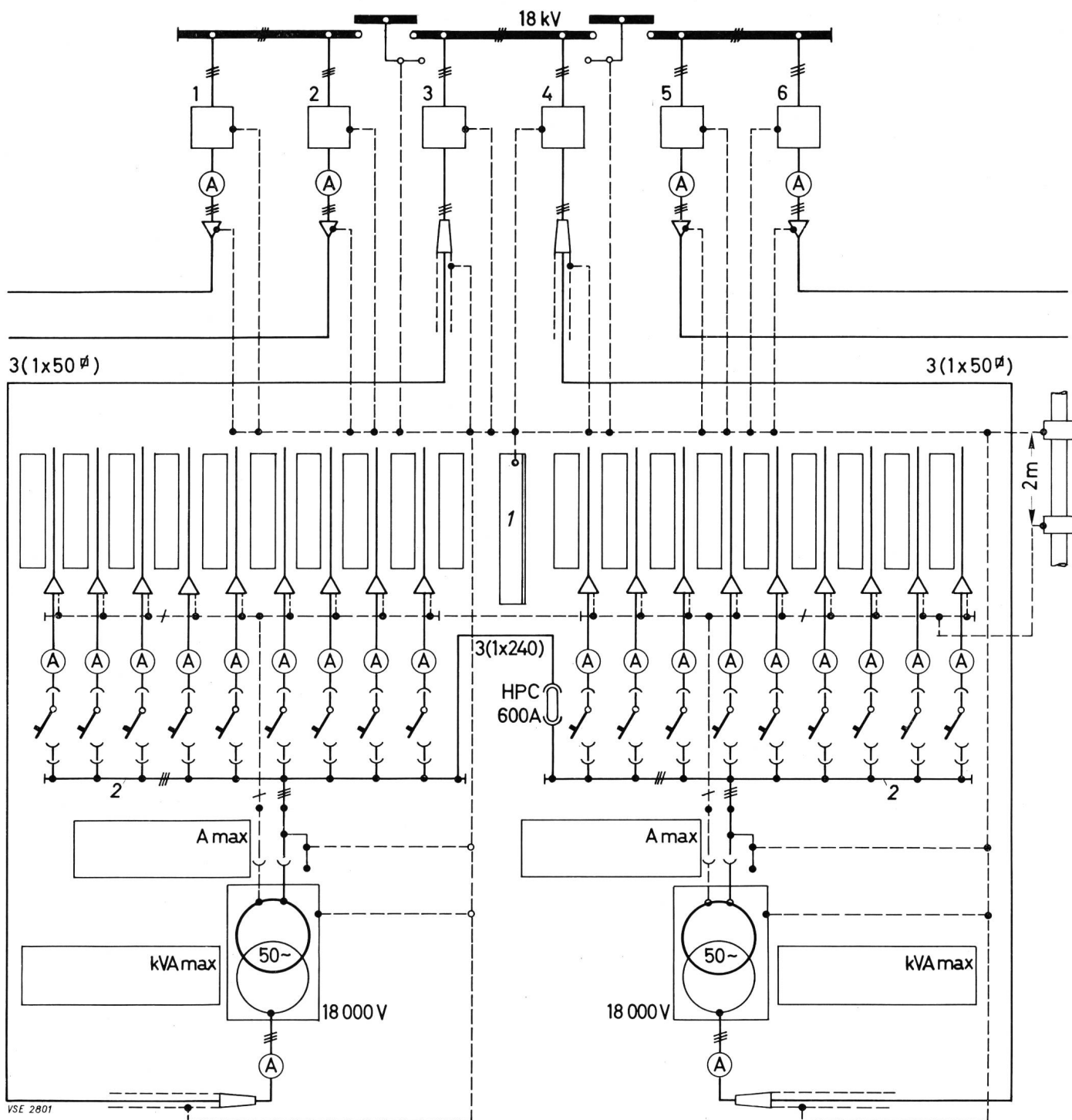


Fig. 3
Schema einer Quartierstation

Die 18000/380-V-Kabinen haben sehr verschiedene Formen und Abmessungen, denn wenn sie in Gebäude eingebaut oder angebaut werden, müssen die Wünsche des Architekten mehr oder weniger berücksichtigt werden.

Wir versuchen dennoch, diese Kabinen, überall wo es möglich ist, zu normalisieren. Die meisten bestehen aus 6 Zellen, nämlich 2 Zellen für den Leitungsdurchgang mit Schienentrennern, 2 Trafoschutzzellen mit Schienentrennern und endlich 2 Zellen für den Durchgang einer zweiten Leitung.

Diese von unserer Konstruktionsabteilung entwickelten vorfabrizierten Zellen bestehen aus 4 Trägern und 2 Eckrahmen mit den nötigen Apparatebefestigungsseisen.

Die Montage geschieht wie mit einem Mecano. Es können sowohl gewöhnliche oder Trenner mit Plexiglas-Löschkammern, Lasttrenner mit oder ohne Sicherungen als auch ölarme Schalter, Typ «Couparc» (Abschaltvermögen 400 MVA) oder Typ «Triducteur» (Abschaltvermögen 640 MVA) eingebaut werden.

An einigen Stellen unseres 18-kV-Netzes haben wir auch Kompaktzellen Typ «Krone» eingebaut, welche bis heute zu keinen Beanstandungen Anlass gegeben haben.

In den Leitungszellen, normalerweise mit Lasttrennern ohne Sicherungen ausgerüstet, sind die normalisierten 150 mm² Cu Kabel angeschlossen, und zwar sowohl Papier/Blei-Massekabel

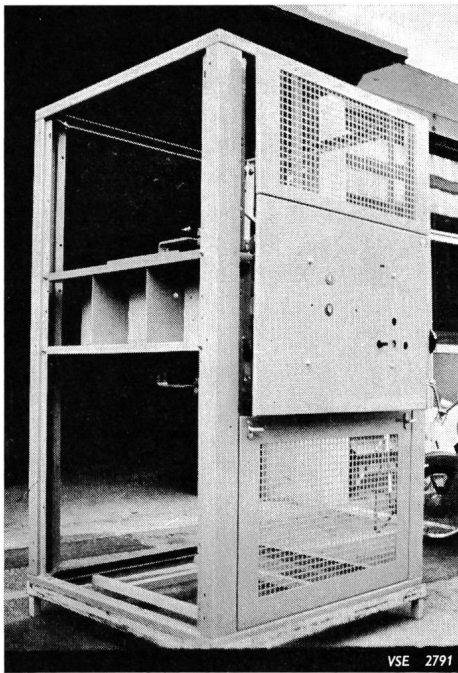


Fig. 4
Zelle mit «Triducteur»-Schalter

als auch normale und in nächster Zukunft ebenfalls vernetzte Polyäthylenkabel. Ausnahmsweise werden auch Kabel von 240 mm^2 verwendet, um einen Kurzschlußstrom von ungefähr 30 kA aushalten zu können.

Die Trafoschutzzellen enthalten «Triducteur»-Schalter mit je einem direkten thermomagnetischen Relais pro Phase. Um das Eindringen jeglicher Hochspannung über die Transformatoren auszuschliessen, werden 3 einpolige, 50-mm^2 -Polyäthylenkabel, mit Abschirmung an Erde, und das andere Ende mit steckbaren Klemmen, Typ «Tréfimétaux», versehen, verwendet. Die Transformatoren sind mit Öl oder wo nötig mit Pyralen gefüllt. Ihre Leistung ist auf 4 Grössen beschränkt, nämlich: 250 kVA – 400 kVA – 600 kVA und 1000 kVA.

Für die Verschalung der Kabinen wurden zahlreiche Studien gemacht. Wir haben natürlich die traditionelle Kabine über Boden aus Mauerwerk, für welche der bauliche Teil uns ungefähr Fr. 75000.— und die elektrische Ausrüstung Fr. 100000.— kostet.

Viel häufiger befinden sie sich unter Boden, wofür die Bau-



Fig. 5
Umladen einer Zelle

kosten ungefähr Fr. 90000.— betragen, während die Ausrüstungskosten die gleichen bleiben.

Viele unter Ihnen kennen schon die seinerzeit von Herrn Direktor Jaccard entwickelte «Zisternenkabine». Die weiterentwickelte gegenwärtige Ausführung ist noch leichter und von kleinerer Abmessung (Durchmesser 3 m und Länge 10 m). Sie wird seit diesem Jahr eingesetzt. Die Kosten für die Verschalung mit der Verlegung betragen Fr. 70000.— und für die Ausrüstung Fr. 90000.—.

Die Ersparnis gegenüber einer herkömmlichen unterirdischen Kabine beträgt ungefähr Fr. 30000.—. Die Bauarbeiten an Ort und Stelle sind erheblich kleiner, und das Dichtungsproblem konnte auf einfache und sichere Art gelöst werden.

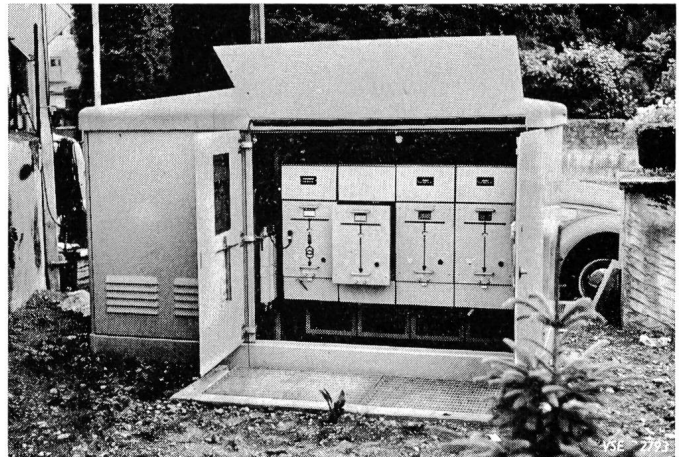


Fig. 6
Minikabine Peyer mit 18 kV «Krone»-Zelle



Fig. 7
Neue Zisternenkabine für 2 MVA
(Gewicht ohne Trafo: 12 t mit Ausrüstung)

Unser Ziel auf diesem Gebiet wäre, die ganze «Zisternenkabine» zu normalisieren und vorfabriziert ab Lager liefern zu können.

Zu diesen erwähnten Quartierkabinen, welche wir gegenwärtig konstruieren, kommen zwei prinzipielle Ausnahmen, nämlich die *Kuppelkabine* und die *Mittelspannungskabine(n) für Abonnenten*.

Die Kuppelkabine, im allgemeinen an eine Verteilkabine angefügt, unterscheidet sich lediglich durch die grössere Anzahl von Zellen (8 bis 15) und dadurch, dass die Schalter in diesen Abgangszellen mit magnetischen direkten Relais ausgerüstet

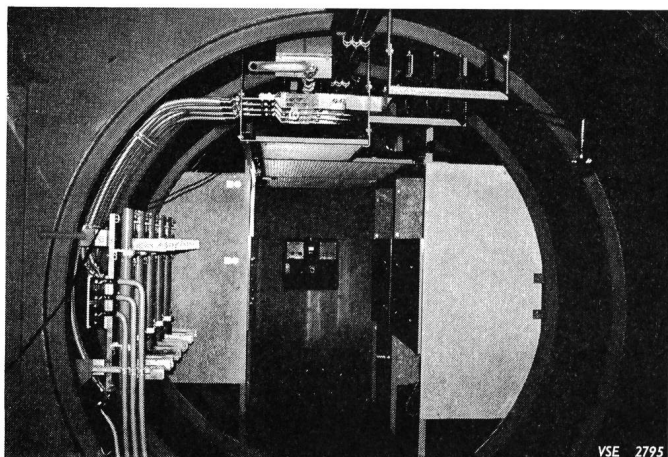


Fig. 8
Inneres einer Zisternenkabine während der Montage

sind. Wir trachten danach, diese fernzusteuern, und wir haben gegenwärtig 2 komplette Anlagen mit Rückmeldung in Auftrag.

Was uns aber am meisten fehlt, und im vorliegenden Fall glaube ich nicht nur bei uns, sind die Kabel mit Adern für Befehle und Rückmeldungen.

Während die Fernsteuerungen für öffentliche Beleuchtung, Boiler und Tarife hauptsächlich bei ruhigem Betrieb arbeiten müssen, haben die Netzfernsteuerungen meistens bei gestörtem Betrieb zu arbeiten. Es ist deshalb unzulässig, das Starkstromnetz selbst für diese Übermittlungen zu verwenden. Wie überall bietet auch die Übermittlung durch Funk, ohne unverhältnismässig grosse technische und finanzielle Aufwendungen, nicht die gewünschte Sicherheit. Als einzige Möglichkeit bleibt die Verwendung des PTT Telephonnetzes, entweder durch abonnierte Leitungen oder durch gemietete Adern. Unsere Untersuchungen gehen gegenwärtig in dieser Richtung.

Die Mittelspannungskabinen für Abonnenten, entstanden als Folge der stets wachsenden Anschlussleistungen unserer wichtigsten Bezüger wie UNO, Flughafen, Fabriken, chemische Industrie usw., haben uns zahlreiche Probleme gestellt, hauptsächlich in bezug auf Eigentum und Betriebsleitung der Mittelspannungsanlagen.

Wir haben eine Ergänzung zu unseren allgemeinen Lieferungsbestimmungen in Vorbereitung, welche unter anderem festlegt, dass das Elektrizitätswerk Eigentümerin bleibt und selber den Betrieb über das ganze Mittelspannungsnetz, inbegriff-

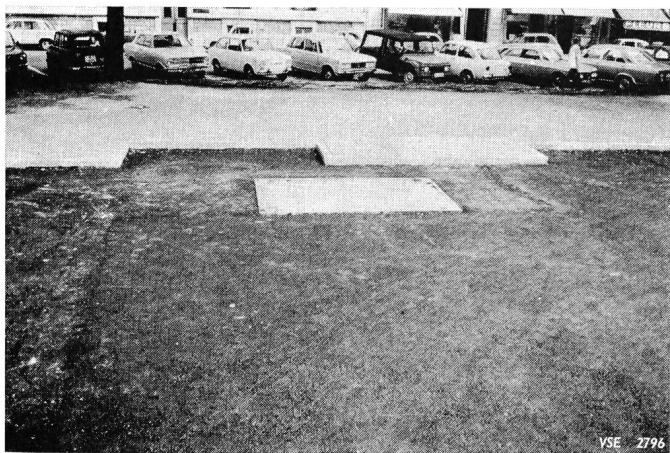


Fig. 9
Zisternenkabine im Boden

fen die Kabinen für die Abonnenten, leitet. Diese Bestimmung kann etwas diktatorisch erscheinen, aber wenn man aufmerksam und objektiv die Betriebssicherheit gegenüber den betreffenden und den übrigen Abonnenten überprüft, so wird man sich sehr bald darüber klar, dass die Probleme für unterbrochene Stromlieferungen durch Normalisierung des Materials und durch einen möglichst hohen Ausbildungsgrad des Bedienungspersonals stark vereinfacht werden. Die Qualität des Betriebes wird verbessert, was schlussendlich den Abonnenten zugute kommt.

Zusammenfassend enthält dieses Kapitel «Verwendete Apparate»:

Normalisierte Zellen, in welche alle vorgesehenen folgenden Apparate eingebaut werden können:

- einfache Trenner oder solche mit Löschvorrichtung,
- Lasttrenner, mit oder ohne Sicherungen,
- «Triducteur» Schalter

sowie:

- Transformatoren 250 oder 400 kVA mit Öl,
- Transformatoren 600 oder 1000 kVA mit Öl oder Pyralen,

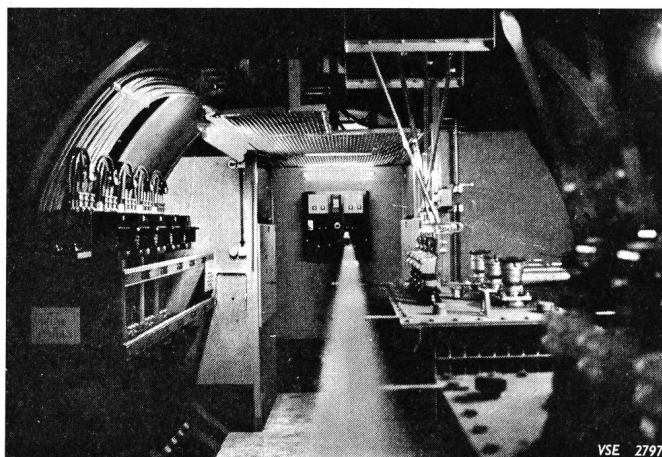


Fig. 10
Inneres einer in Betrieb stehenden Zisternenkabine
links: NS-Tableau mit Sace-Schalter

Im Hintergrund Steuertafel für Ventilation und teilweise sichtbar die 18-kV-Zellen, rechts: die rechtwinkligen Trennklemmen

- voll ausgerüstete «Zisternenkabinen» jedoch ohne Transformatoren,
- endlich:

- dreipolige Kabel 150 mm² Cu mit Isolation aus Papier/Masse oder Polyäthylen,
- einpolige Polyäthylenkabel, 50 mm² Cu.

Durch diese Normalisierung ist eine grosse Vereinfachung in der Lagerhaltung erreicht worden.

In meiner Einleitung habe ich gesagt, dass ein Netz sozusagen lebt, also erbt man es mit seinen guten und schlechten Eigenschaften, man versucht es möglichst zu verbessern und hinterlässt es unseren Nachfolgern. Die Wahrheit ist weniger einfach und nicht so rosig wie die Zusammenfassung dieses Kapitels:

- Wir haben noch
- baufällige Kabinen mit veralteten Apparaten,
- MS-Abonnentenkabinen, die nicht den erwähnten Bestimmungen entsprechen,
- Schalter, deren Abschaltvermögen nicht mehr genügt,

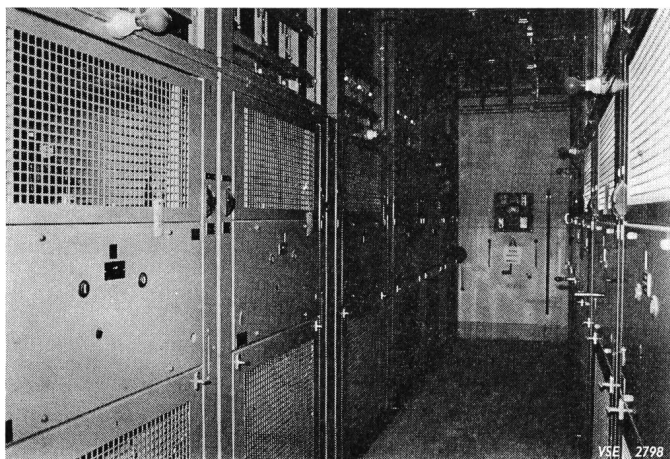


Fig. 11
Kuppelkabine

— Kabel von 70 mm², die uns wegen dieser Engpässe Sorge bereiten.

Diese Punkte werden jedoch in der Entwicklung unseres Netzes berücksichtigt:

Bei jeder uns erreichenden Meldung über Bauarbeiten an einer Strasse, die ein nicht normalisiertes Kabel enthält, wechseln wir dieses aus. Ausserdem modernisieren wir von Grund auf 1 bis 2 alte Kabinen pro Jahr nebst unserem jährlichen Kabinen-Konstruktionsprogramm (40 bis 50 Einheiten).

Nachdem wir jetzt gesehen haben, woraus unser Netz besteht, will ich im letzten Kapitel beschreiben, wie es funktioniert.

3. Betrieb

a) Kurzschlussleistung

Wie in jedem Netz, dessen verlangte Maximalleistung sich ungefähr alle 10 Jahre verdoppelt, nimmt auch gleichzeitig die Kurzschlussleistung zu.

Als wir uns mit 1000 MVA der maximalen Abschaltleistung der Leitungsschalter in den Unterstationen näherten (diejenige der Schalter in den Kuppelkabinen war oft schon überschritten), hatten wir zu wählen zwischen:

- Ersetzen aller Schalter durch solche mit höherem Abschaltvermögen
- oder
- Einbau von Drosselspulen, um die Kurzschlussleistung auf die Grenzwerte der bestehenden Apparate zu reduzieren
- oder
- Unterteilung des Netzes in der Weise, dass jeder einzelne Teil die Verwendung von Material mit verhältnismässig kleinem Abschaltvermögen erlaubt.

Infolge der grossen Kosten, Gewichte und Abmessungen bei den zwei ersten Varianten, haben wir uns für die dritte Lösung, welche technisch sicher die eleganteste ist, entschieden.

Wir haben jeden dieser Netzabschnitte als «Mikronetz» getauft. Jedes Mikronetz wird durch seinen eigenen 130/18-kV – 30 MVA – Transformator gespeist, dessen Kurzschlussleistung ungefähr 250 MVA beträgt, und bildet mit 5 bis 6 18-kV-Leitungen ein unabhängiges Verteilnetz. Dieser Umbau gleichzeitig mit der Inbetriebnahme unserer neuen Unterstation «Du Stand», welche aus 6 Mikronetzen besteht, ist gegenwärtig in Arbeit.

Selbstverständlich sind zwischen Mikronetzen alle für Betrieb und Unterhalt nötigen Schaltungen ausführbar. Aus die-

sem Grunde haben wir Linienschalter von 750 MVA und Kuppelschalter von 640 MVA gewählt, weil kurzzeitig 2 Mikronetze zusammen parallelgeschaltet werden können müssen.

Die getroffene Wahl verlangt gewisse Änderungen in unseren bestehenden Unterstationen, damit die Sammelschienen für jeden Transformator getrennt und die Sternpunkte der letzteren mit Löschspulen ausgerüstet werden können. Alle diese Änderungen müssen noch dieses Jahr beendet sein.

b) Fehler-Erdschlußstrom

Im Jahre 1965, also vor der Unterteilung in Mikronetze, haben wir systematische Erdschlussversuche durchgeführt.

In einer Kabine unseres Netzes haben wir mit einem besonderen Schalter eine Phase nach der andern mit der Schutz-erde (Wasserleitung 0,2 Ohm) verbunden. Während der Versuchsdauer haben wir gleichzeitig gemessen:

- den totalen Erdschlußstrom der Sternpunktlöschspule,
 - den künstlichen Fehlerstrom Phase/Erde,
 - die Spannung zwischen dieser Schutz-erde und einer in mehr als 50 m Entfernung von der Kabine eingesteckten Sonde.
- Es wurden folgende Maximalwerte gemessen:
- Summe der Ströme der Sternpunktlöschspulen 910 A
 - künstlicher Fehlerstrom 40 A
 - Spannung gegen die Sonde weniger als 1 V

Dieser Versuch erlaubte uns festzustellen, dass die Löschspulen ihren Zweck erfüllten und dass sie richtig einreguliert waren, dass die Schrittspannung in ähnlichen Fällen keinen gefährlichen Wert erreichen würde und endlich, dass das Netz keine verborgenen Fehler enthält, welche die Leitung infolge doppelten Erdschlusses ausgeschaltet hätten. Wir hatten selbstverständlich mit dieser Möglichkeit gerechnet.

c) Eigentlicher Betrieb

Unser vollständig verkabeltes städtisches Mittelspannungsnetz kann fast vollständig von einem Kreis von 6 km Durchmesser eingerahmt werden. Aus diesem Grunde sind die Überspannungsprobleme an die Knotenpunkte mit den Freileitungen in die Vororte hinausverlegt, und die Spannungsabfälle in den Leitungen können praktisch vernachlässigt werden. Die kurzen Distanzen erlauben den Betriebspatrouillen sofortiges eingreifen; automatische oder fernbediente Organe haben sich bis jetzt nicht als nötig erwiesen.

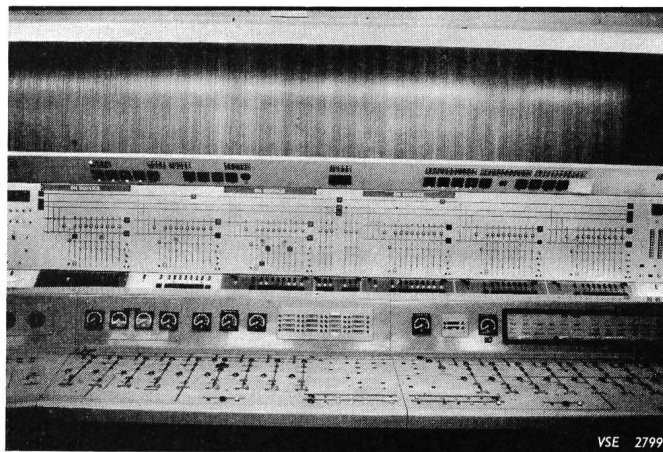


Fig. 12
Kommandopult der Unterstation «Du Stand» 130/18 kV
6 Felder stellen je ein Mikronetz dar

28 3 14 21 03410100	IMMEUBLE		RUE TRONCHIN	1
28 3 14 21 03410200	IMMEUBLE		RUE DE LYON	48
28 3 14 21 03410201	STANGE SAL-LAVOIR	44.69.76	RUE DE LYON	48
28 3 14 21 03410253	EHINGER MEC-DENT	44.67.21	RUE DE LYON	48
X 28 3 14 21 03410103	CHUARD ELECTRICITE	44.05.30	RUE TRONCHIN	1
28 3 14 21 03410203	BOSSOTTO CHARCUT	44.71.76	RUE DE LYON	48

VSE 2828

Fig. 13

**Vervielfältigte Registrierung der Abonnenten mit kodiertem Anspeisepunkt
Nr. des Vertrages, Name und Adresse**

Beispiel: Kabine Nr. 28; Spannung 380 V; Abgang Nr. 19; Abzweig Nr. 21

Der Handantrieb, wenn auch heutzutage von vielen als überholt betrachtet, behält jedoch meiner Ansicht nach gewisse entscheidende Vorzüge: sein Preis, seine Einfachheit, wenig Unterhalt sowie Sicherheit gegen ungewolltes Schalten.

Dazu kommt, dass für den Anschluss neuer Kabinen und für Unterhaltsarbeiten im Mittel alle 2 Tage Netz-Schaltmanöver ausgeführt werden müssen, d. h., etwaige automatische Steuerungen müssten vollständig unabhängig vom Netzzustand sein.

Man muss zugeben, dass solche Systeme auf dem Markte noch sehr rar sind.

Ganz anders in den 130/18-kV-Unterstationen, in denen eine sehr grosse Anzahl Signalisierungen und Steuerungen an einer kleinen Anzahl von Orten konzentriert sind. Wir haben ein Verteilzentrum im Studium, welches erlauben wird, von einem Punkt aus alle erwähnten 6 Unterstationen zu bedienen. Es ist vorgesehen, dieses Verteilzentrum in einigen Jahren mit einem Computer auszurüsten, um den Handbetrieb und das Zusammentragen von Informationen zu erleichtern.

Zum Schlusse wollen wir noch sehen, wie unsere Organisation für Schadenbehebung und Fehlersuche im Mittelspannungsnetz funktioniert.

Gemäss Statistik haben im Jahre 1970 pro 100 km Kabel 6 Ausschaltungen nur 1 Kabine oder sogar nur einen Teil davon betroffen, während 3 bis 4 Ausschaltungen mehrere Kabinen in Mitleidenschaft gezogen haben, im allgemeinen eine ganze Verteilleitung. Abgesehen gewisser Ausnahmefälle nicht vermaschter Kabinen, haben diese Unterbrechungen 15 bis 90 Minuten gedauert.

In den meisten Fällen, mit Ausnahme der Abschaltungen eines ganzen Verteilnetzes, geben die Abonnenten bei Stromausfall selber Alarm durch Telefon. Daher die Idee, die wir jetzt entwickeln, für jeden Abonnenten im Hinblick auf seine Vertragsnummer seinen Anspeisepunkt zu kodieren. Mit Hilfe eines Computers wäre es möglich, je nach den Anrufen den genauen Ort, wo die Abschaltung stattgefunden hat, festzustellen.

Vorläufig erfolgt die Auswertung dieser Informationen noch von Hand, und je nach Grösse der Störung wird eine der 3 folgenden Stufen für die Behebung eingesetzt:

1. *Überwachungsdienst*: Patrouille bestehend aus 2 Monteuren mit Spezialstundenplan von 7 bis 23.30 Uhr für Einsatz in Niederspannungsanlagen.

2. *Pikettdienst*: 1 Techniker oder Vorarbeiter und 6 Angestellte, jederzeit telephonisch erreichbar, für wichtige NS-Fälle und für MS, wenn sich die Störung nur auf eine Kabine beschränkt.

3. *Betriebsgruppe*: Für die wichtigsten Fälle.

Selbstverständlich sind diese Stufen nicht starr, und bei sehr grossen Störungen kann die ganze Netzabteilung aufgeboden werden.

Alle Einsatzpatrouillen sind mit Radio-Telephon mit eigenem Kanal ausgerüstet, was die Operationen sehr erleichtert. Die zunehmenden Verkehrshindernisse haben uns veranlasst, durch Vermittlung des VSE das Gesuch einzureichen, die Patrouillenwagen für schwere Fälle mit blauem Licht auszurüsten, welches aber durch das Eidg. Justiz- und Polizei-Departement abgewiesen wurde. Nichtsdestoweniger haben wir mit der Kantonspolizei einen Kompromiss gefunden; aber ich bin der Meinung, dass dieses Problem nicht aufgegeben werden darf.

Wenn ich mir diese Abkürzung erlauben darf, konstruieren wir bei der Ausschaltung einer Verteillinie durch unsere Patrouillen eine bewegliche Fernsteuerung, welche die vom Zentralposten veranlassten Manöver ausführt.

Nachdem alle Abonnenten wieder angespiesen sind, ist es Sache des Netzlaboratoriums, im defekten Kabelabschnitt die Ursache der Störung herauszufinden. Es verfügt zu diesem Zwecke über einen modernen, kürzlich angeschafften Labora-



Fig. 14
Fehlersuchwagen

toriumswagen als Ersatz für bisher verwendetes altes Material. Dieser Wagen enthält einen unabhängigen Generator, Prüf- und Durchschlagsapparate bis 70 kV Gleichstrom, einen Stossgenerator von 1000 Joules, eine Tonfrequenzeinrichtung, eine HS-Brücke, ein Echometer sowie das nötige Kleinmaterial.

Nach dieser Übersicht über den Aufbau unseres städtischen Mittelspannungsnetzes hoffe ich, dass die Diskussion erlaubt,

unsere Erfahrungen denjenigen der hier vertretenen Netze gegenüberzustellen.

Adresse des Autors:

J. Schell, Chef der Abteilung «Netz» des Elektrizitätswerkes Genf, 1200 Genf.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Verbrauch elektrischer Energie in der Schweiz für Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft

		Haushalt (inkl. landwirtschaftliche Haushalte)			Landw. Betriebe (ohne Haushalt- verbrauch)		Öffentl. Beleuch- tung		Gewerbebetriebe ¹⁾ (inkl. Bureaux, Geschäftshäuser, Hotels, Spitäler, Wasserversorgun- gen etc.)		Haushalt, Gewerbe und Land- wirtschaft Total
Verbrauch in GWh (= 10 ⁶ kWh) in Klammern = Prozentualer Anteil vom Jahresverbrauch											
Winter 1969/70		3140 (53)			164 (41)		154 (60)		3226 (53)		6 684 (53)
Sommer 1970		2737 (47)			236 (59)		104 (40)		2806 (47)		5 883 (47)
hydrolog. Jahr 1969/70		5877 (100)			400 (100)		258 (100)		6032 (100)		12 567 (100)
		Verbrauch pro Kopf der Bevöl- kerung kWh	Verbrauch pro Haus- halt kWh	% ²⁾	Verbrauch pro landw. Betrieb kWh	% ²⁾	Verbrauch pro Kopf der Bevöl- kerung kWh	% ²⁾	Verbrauch pro Kopf der Bevöl- kerung kWh	% ²⁾	Verbrauch pro Kopf der Bevöl- kerung kWh
Städte über 20 000 Ein- wohner	Winter 1969/70	510	1310	19,6	—	0,2	30	1,2	770	31,6	1330
	Sommer 1970	440	1170	18,1	—	0,2	20	0,9	700	30,0	1150
	hydrolog. Jahr 1969/70	950	2480	18,9	—	0,2	50	1,1	1470	30,8	2480
Übrige Versorgungs- gebiete	Winter 1969/70	500	1600	26,7	1220	1,7	20	1,2	420	23,0	970
	Sommer 1970	440	1390	24,7	1760	2,7	20	0,8	350	21,0	850
	hydrolog. Jahr 1969/70	940	2990	25,7	2980	2,2	40	1,0	770	22,1	1820
Total Schweiz	Winter 1969/70	500	1520	24,7	1220	1,3	20	1,2	520	25,4	1070
	Sommer 1970	440	1330	22,9	1760	2,0	20	0,9	440	23,4	930
	hydrolog. Jahr 1969/70	940	2850	23,8	2980	1,6	40	1,0	960	24,6	2000

¹⁾ Sofern weniger als 20 Arbeiter beschäftigt oder weniger als 60 000 kWh pro Jahr bezogen werden.

²⁾ Prozentualer Anteil am gesamten Landesverbrauch der Schweiz (ohne Verbrauch für Elektrokessel und Speicherpumpen)

¹⁾ Sofern weniger als 20 Arbeiter beschäftigt oder weniger als 60 000 kWh pro Jahr bezogen werden.

²⁾ Prozentualer Anteil am gesamten Landesverbrauch der Schweiz (ohne Verbrauch für Elektrokessel und Speicherpumpen)

Die Elektrizitätsstatistik des Eidgenössischen Amtes für Energiewirtschaft und des VSE weist den gesamten Energieverbrauch der Bezieherkategorien Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft (inkl. Bureaux, Geschäftshäuser, Hotels, Spitäler, öffentliche Beleuchtung und Wasserversorgungen etc.) in einer einzigen Sammelposition aus. Die Abgabe an diese Bezieherkategorie, die im Jahre 1950 noch 42 % des Gesamtverbrauches ausmachte, betrug im hydrologischen Jahr 1969/70 bereits 51 %. Darin kommt unter anderem zum Ausdruck, in welch hohem Masse die Elektrizität im Haushalt Einzug gehalten hat, sei es für die Beleuchtung, für Wärmeanwendungen oder für eine ganze Reihe von Küchengeräten.

Der Haushalt weist jedoch gegenüber dem Gewerbe und der Landwirtschaft zwangsläufig unterschiedliche Abnahmecharakteristiken und jährliche Steigerungsraten im Energieverbrauch auf, deren Kenntnis für energiewirtschaftliche Studien und Tarifrevisionen äusserst wertvoll sind.

Auf Wunsch der Kommission des VSE für Energietarife ist deshalb eine Umfrage bei einigen Mitgliedswerken des VSE über die Möglichkeit der Aufteilung dieser Sammelposition «Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft» auf folgende Beziehergruppen durchgeführt worden:

Haushalt