

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 45 (1954)
Heft: 22

Rubrik: Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

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: 04.04.2026

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Vorgehen und Anforderungen bei den Abnahmen von Schaltern, Relais, Messwandlern und Transformatoren, und Betriebserfahrungen mit solchen Apparaten (bis 50 kV)

Bericht über die Diskussionsversammlungen
des VSE vom 29. April 1954 in Zürich und 11. Mai 1954 in Lausanne

061.3 : 061.2(494)VSE : 621.31

Die Kommission des VSE für Diskussionsversammlungen über Betriebsfragen hatte für die Frühjahrsversammlung wiederum ein technisches Thema gewählt. Der Besuch der beiden Tagungen — etwa 300 Teilnehmer in Zürich und über 100 in Lausanne — legt ein beredtes Zeugnis für das Interesse ab, das diesem Thema unter den Fachleuten des Betriebes begegnet. Die Zürcher Tagung wurde von Herrn Dir. *E. Schaad*, Interlaken, und diejenige in Lausanne von Herrn Dir. *M. Roesgen*, Genf, geleitet.

Die Versammlungen dienten dem Zweck, einen ersten Gedankenaustausch über Fragen der Durchführung von Abnahmeversuchen sowie über die Betriebserfahrungen mit den erwähnten Apparaten zu ermöglichen. Zutritt hatten ausschliesslich Vertreter von Elektrizitätswerken. Bei Anwesenheit von Vertretern der Industrie hätten sich die Referenten und Diskussionsredner weniger frei äussern können, da sonst durch ihre Aussagen unter Umständen einzelne Konstruktionsfirmen in ihren Interessen berührt worden wären. Diese Fragen werden weiter zu verfolgen sein. Dabei soll der Kontakt mit den Konstrukteuren nicht vergessen werden. Eine aufrichtige Zusammenarbeit zwischen den Werken und den Konstruktionsfirmen wird es auch in Zukunft ermöglichen, die beiderseits erstrebten Ziele zu erreichen.

Die an den Versammlungen in Zürich und Lausanne behandelten Fragen sind schon ihrer Natur nach sehr komplex. Wenn ausgedehnte Abnahmeversuche vorgenommen werden, so vor allem darum, um die technischen Daten der Apparate zu prüfen und um Störungen im praktischen Betrieb nach Möglichkeit zu vermeiden. Solche Störungen sind nicht immer auf Mängel der Fabrikation zurückzuführen; sie können z. B. auch die Folge davon sein, dass bei der Bestellung von Seiten des Werkes unvollständige oder ungenaue Angaben über die an den Apparat gestellten Anforderungen gemacht worden sind. Im folgenden wird oft von Fehlern die Rede sein; es wäre jedoch falsch, daraus den Schluss zu ziehen, dass Erzeugnisse unserer Konstruktionsfirmen zur Beunruhigung Anlass geben.

Auf vielen Gebieten ist im Gegenteil eine bemerkenswerte Regelmässigkeit der Lieferungen festzustellen.

Es können 2 Hauptkategorien von Fehlern unterschieden werden: Konstruktionsfehler und Fabrikationsfehler. Theoretisch können die Konstruktionsfehler ermittelt werden durch Anfragen an andere Unternehmungen, die die fraglichen Apparate bereits verwenden und so in der Lage sind, über die im praktischen Werkbetrieb gesammelten Erfahrungen ein neutrales Urteil abzugeben. Ebenso theoretisch sollen die Fabrikationsfehler bei der Abnahmeprüfung zum Vorschein kommen; es gibt aber so versteckte Fehler, dass sie auch der strengsten Abnahmeprüfung trotzen. Andererseits darf nicht vergessen werden, dass gewisse Fehler eng mit der Betriebsdauer zusammenhängen; es ist die allgemein bekannte Erscheinung der Alterung, über die kurzzeitige Prüfungen keinen Aufschluss geben können. Für solche Fehler sollten die Betriebsleute gegenüber den Fabrikanten eine gewisse Nachsicht walten lassen, die aber auch von den Fabrikanten ihren Kunden gegenüber erwartet wird. Eine beidseitig grosszügige Zusammenarbeit der Spezialisten kann der angestrebten Hebung der Qualität und Dauerhaftigkeit des Materials nur förderlich sein.

Die Einleitungsreferate hielten in deutscher Sprache die Herren:

- A. Strehler*, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt St. Gallen, über Schalter;
- W. Ryf*, Chef des Netzrevisionsdienstes des EW der Stadt Zürich, über Relais;
- F. Hug*, Oberingenieur der Nordostschweizerischen Kraftwerke, Baden, über Messwandler;
- E. Manfrini*, Betriebsdirektor der Maggia-Kraftwerke AG., Locarno, über Transformatoren;

und in französischer Sprache die Herren:

- J. Desmeules*, Ingenieur der Compagnie vaudoise d'électricité, Lausanne, über Relais und Messwandler;
- J. Vachoux*, Techniker bei den Industriellen Betrieben der Stadt Genf, über Schalter und Transformatoren.

Da die Referate und auch die Diskussion in Zürich und Lausanne verschiedene Aspekte zeigten, erachten wir es als angezeigt, über die beiden Versammlungen getrennt zu berichten. Damit ist jedermann die Möglichkeit geboten, auch über die Erfahrungen in dem ihm sprachlich fremden Gebiete un-

seres Landes etwas zu hören. Wiederholungen sind bei einem solchen Vorgehen unvermeidlich. Aber gerade der Umstand, dass in beiden Gebieten zum Teil gleiche Erfahrungen gemacht werden, ist eine Bestätigung für die Richtigkeit der eigenen Wahrnehmungen.

Bericht über die Diskussionsversammlung vom 29. April 1954 in Zürich

I. Hochspannungsschalter

621.316.54.027.3

Anforderungen

Im Bulletin des SEV, 1953, Nr. 2, Seite 71...80, sind «Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsschalter» im Entwurf veröffentlicht. Die Regeln definieren u. a. den Kurzschlußstrom, die Ausschaltleistung, die Zeitgrößen, wie Eigenzeit und Lichtbogendauer, die Bauarten der Schalter, der Antriebe und der Auslösung. Ferner behandeln sie die Spannungsprüfungen mit Industriefrequenz und Stossspannung, die Prüfung der Ausschaltleistung, die mechanischen Prüfungen und die Erwärmungsproben.

Die Spannungsprüfung erfolgt gewöhnlich nach den bekannten Regeln des SEV für Spannungsprüfungen. Die Prüfspannung wird während einer Minute wie folgt angelegt:

- an allen Leitern gegen Erde bei geschlossenen Schaltern,
- am Leiter der mittleren Pole gegen die geerdeten Leiter der beiden äusseren Pole bei geschlossenen Schaltern,
- zwischen den einseitig geerdeten Kontakten des offenen Schalters.

Die Spannungsprüfung in trockenem Zustand gilt für sämtliche Schalter; Freiluftschalter haben ausserdem eine Typenprüfung unter Regen mit 90 % der Tabellenwerte zu bestehen.

Die genannten Prüfungen werden von den Fabrikanten auf alle Fälle durchgeführt. Meistens lassen die Besteller an einigen Objekten einer Serie die Prüfungen bei der Abnahme wiederholen oder sie begnügen sich mit der Einsichtnahme in die internen Prüfprotokolle der Fabrik.

Die Ansprüche an die Kontinuität der Energie-lieferungen nehmen immer zu. Die Werke müssen deshalb an die Apparate harte Anforderungen stellen. Oft begnügt man sich nicht mit den in den Regeln umschriebenen Prüfungen. So verlangen z. B. gewisse Werke bei Apparaten für hohe Nennspannungen als Typenprüfung die Feststellung der Überschlagn-Spannung mit 50 Hz an einem Schalterpol, und zwar in trockenem und in nassem Zustand, bei offenem und geschlossenem Schalter. Sofern der Fabrikant in der Lage ist, den Vollzug dieser und allfällig weiterer Prüfungen glaubwürdig durch Versuchsprotokolle nachzuweisen, kann auf solche Abnahmeversuche verzichtet werden. Da im Betrieb sehr hohe Überspannungen auftreten können, sind die Spannungsprüfungen von grosser Bedeutung.

Die Erwärmungsprobe ist nach den erwähnten Regeln eine Typenprüfung. Gewöhnlich wird bei der Abnahme auf solche Prüfungen verzichtet. Hin-gegen wird von vielen Werken auf die mechanischen Prüfungen grosses Gewicht gelegt, da es im Betrieb immer wieder vorkommt, dass sich Schrauben, Splinten und Bolzen lockern. Ein grosses Werk verlangt von den Fabrikanten, dass anlässlich der Abnahme jeder Hochspannungsschalter hundertmal ein- und ausgeschaltet wird. Mängel, wie Lockern von Schrauben, Splinten und Bolzen oder spitzig eingestellte Halteklinken, zeigen sich meistens bei dieser Prüfung. Mit einem Diagrammschreiber wird ferner ein Weg-Zeit-Diagramm aufgenommen, aus dem Schlüsse gezogen werden können über das richtige Arbeiten des Schalters. An Schaltern mit 50-kV- oder höherer Spannung wird das Einschaltmoment mit einer Hebel- oder Federwaage gemessen.

Bei Druckluftschaltern werden die Druckluftorgane einer besonderen Prüfung unterzogen. Die Druckluftbehälter haben den Vorschriften des Schweizerischen Vereins von Dampfkessel-Besitzern zu entsprechen. Mit um ca. 20 % erhöhtem Druck müssen die Schalter noch einwandfrei arbeiten. Im weiteren wird festgestellt, bei welchem Minimaldruck der Schalter noch richtig funktioniert.

Fernbetätigte Schalter werden bei 85 %, 100 % und 110 % der Betriebsspannung auf normales Funktionieren geprüft. Die Stromaufnahme des Antriebsmotors, der Ein- und Ausschaltmagneten sowie der Druckluftventile wird bei diesen Spannungen gemessen.

Betriebserfahrungen

Trotz sorgfältiger Abnahmeprüfung kann es vorkommen, dass die Hochspannungsschalter im Betrieb zu Störungen Anlass geben. Die Bedingungen im Betrieb mit seinen verschiedenen Einflüssen, wie Temperaturänderungen, Feuchtigkeit, Staub, Überspannungen usw., sind oft härter als die Prüfungen im Versuchslokal.

Hartpapierisolatoren zur Abstützung der Schalterpole haben verschiedentlich Störungen verursacht, während sich gleiche Schaltertypen anderer Fabrikationsserien im jahrelangen Betrieb bewährten. Die Ursache liegt vermutlich in der Qualität des Oberflächenlackes. Selbst bei Schaltern, die mit wesentlich tieferen Spannungen als der Nennspannung betrieben wurden, zeigte sich durch Staubablagerung, Taubildung oder Flugschnee Kriechwegbildung und nachfolgende Zerstörung der Isolatoren. Der Beginn der Kriechwegbildung ist schwierig festzustellen. Meistens waren die Schalter ver-

brannt, bevor man einen Fehler feststellen konnte. In neueren Schaltertypen werden ausschliesslich Porzellan- oder Giessharz-Stützer verwendet. Porzellan-Isolatoren, an denen ein Überschlag stattgefunden hat, halten nach ihrer Reinigung wieder die volle Betriebsspannung aus.

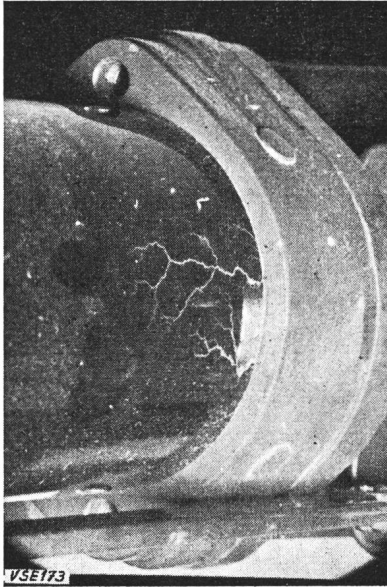


Fig. 1

Kriechwegbildung bei einem Hartpapierisolator

Solche Hartpapierisolatoren wurden bei früheren Konstruktionen von ölarmen Schaltern zur Abstützung der Schalterpole verwendet.

Abgekürzte Prüfverfahren ergeben leicht falsche Resultate. Eine Firma machte Abschaltversuche mit 350 MVA. Aus dem Zustand der Kontakte nach einigen Abschaltungen wurde geschlossen, dass 10 Abschaltungen mit dieser Leistung garantiert werden könnten. Nachträgliche Versuche zeigten aber, dass dieses Resultat bei weitem nicht erreicht wurde. Die Firma musste die Schalter verbessern. Heute entsprechen sie den gestellten Anforderungen.

Eine sehr unangenehme Erscheinung ist die allmähliche Zunahme des Uebergangswiderstandes an den Schalterkontakten, die zu übermässiger Erwärmung führt. Bei Ölschaltern kann dies durch Berühren der Kessel oft noch rechtzeitig festgestellt werden; bei ölarmen Schaltern und Druckluftschaltern ist das aber nicht möglich. Solche Störungen treten hauptsächlich bei stark belasteten und wenig betätigten Schaltern auf. Eine Verbesserung der Uebergangswiderstände durch vermehrtes Schalten ist aus betriebstechnischen Gründen meistens nicht möglich. Die übermässige Erwärmung tritt vorwiegend von etwa $\frac{2}{3}$ der Nennstromstärke an auf. Bis zu einer Störung kann es bei Ölschaltern vielleicht noch zwei Tage dauern; bei den übrigen Schaltern geht es viel schneller.

In einem grösseren Werk verbrannten im Winter die Aufzugmotoren einiger Schalter. Die Motoren hatten nicht genügend Kraft, um die Endschalter zu betätigen. Das verwendete Fett für den Antrieb war hart geworden. Ferner war der Schlaghebel für den Motorendscharter, welcher lose auf der Welle sitzt,

an den Gleitflächen mit Farbe gespritzt worden, was bei der Montage des Antriebes übersehen worden war.

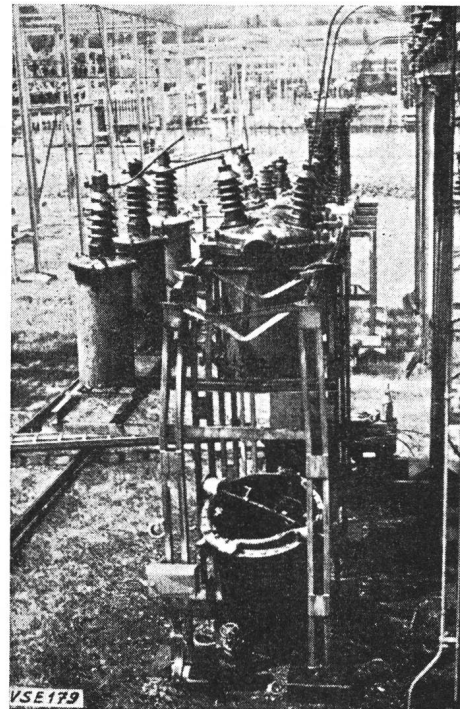


Fig. 2

Explosion eines 50-kV-Ölschalters infolge zu geringer Abschaltleistung

Verschiedene Schalter der gleichen Serie konnten nach einiger Zeit nicht mehr ausgeschaltet werden. Abstützwellen und Kugellager waren verrostet. Von der Härtung der Abstützwellen im Salzbad waren Salzrückstände zurückgeblieben.

Als gefährlich hat sich das zaghafte Einschalten, das sogenannte Tupfen, erwiesen. Eine letzten Winter aufgetretene Ölschalterexplosion mit schweren Verbrennungen des Bedienenden ist wahrscheinlich auf diese Ursache zurückzuführen.

2. Hauptstromrelais und Schaltmechanismen

621.316.925

Anforderungen

Für die automatische Auslösung der Leistungsschalter bei Kurzschluss oder grösserer Überlast dienen Hauptstromrelais oder Sekundärrelais. Die Hauptstromrelais werden meistens direkt auf die Schalterbolzen aufgebaut. Sie funktionieren im Prinzip wie folgt (siehe Fig. 3):

Beim Erreichen des Ansprechstromes wird der Magnetanker vom Magnetjoch angezogen und macht eine Teilbewegung, die Ansprechbewegung. Die Verlängerung des Ankers dient als Auslösehebel. Bei der Ansprechbewegung wird die Arretierung des im Magnetjoch eingebauten Synchronmotors aufgehoben. Dieser dreht nun das Zeitsegment, bis eine Sperrklinke den Auslösehebel freigibt. Sinkt jedoch inzwischen der Strom auf 90 % oder weniger des Ansprechwertes, so müssen das Zeitwerk und der Auslösehebel vollständig in die Ausgangsstellung zurückfallen. Ein zweiter im Relais eingebauter

Anker hebt die Auslöseblockierung auf, wenn ein kurzschlussartiger Strom die Relaisspule durchfließt, der höher ist als der 3- bis 12fache Relais-Nennstrom. Dieser zusätzliche Anker kann auch blockiert werden.

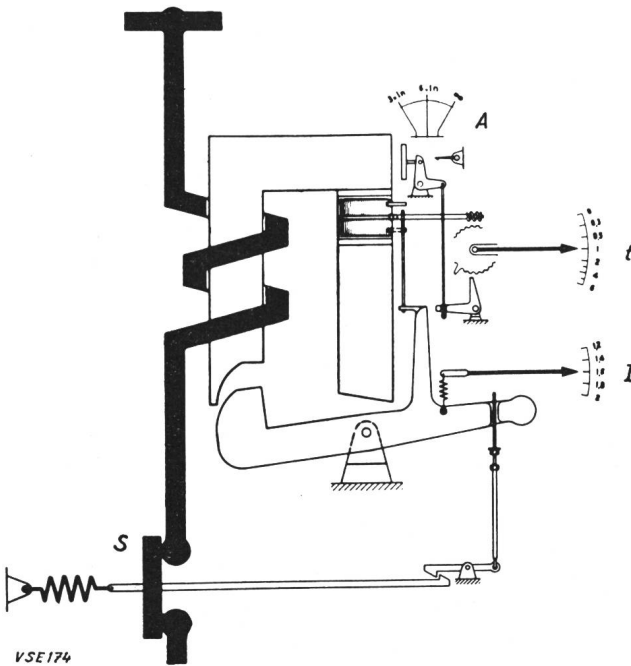


Fig. 3

Prinzipschema eines Hauptstromrelais

- A: Grenzstrom-Momentauslösung;
- t: Einstellung der Ansprechzeit;
- I: Einstellung des Ansprechstromes;
- S: Schalter.

Zum Schutz der Transformatoren gegen Überlast werden meistens in der mittleren Phase Thermo-Hauptstrom-Relais eingebaut. Bei diesen magnetisiert der Hauptstrom einen Magnetkern. Eine auf diesem angebrachte kurzgeschlossene Wicklung erhitzt sich und überträgt die Wärme auf eine Bimetallsäule. Diese verlängert sich und wirkt auf ein Hebelwerk, das die Übertemperatur anzeigt und einen Kraftspeicher auslöst, sobald die eingestellte Auslösetemperatur erreicht ist. Der Auslösestrom kann durch Aenderung des Luftspaltes auf den ein- bis zweifachen Nennstrom eingestellt werden. Das Relais besitzt auch eine Momentauslösung.

Für den Selektivschutz müssen die Auslösezeiten planmässig gestaffelt werden. Wenn z. B. ein Unterwerk über eine Ringleitung vier Orts-Transformatorstationen und eine Privat-Transformatorstation versorgt, kommen etwa folgende Einstellzeiten zur Anwendung (siehe Fig. 4):

- 4 Sekunden für die 50/6-kV-Transformatorstation
- 3 » » » nächstgelegenen Speisekabelrelais
- 2 » » » folgenden Speisekabelrelais
- 1 Sekunde » » » weiteren Speisekabelrelais,

für die Netztransformatoren, die Zuleitung zur Privat-Transformatorstation sowie für einen der Kabelschalter der Ringleitung.

Die Momentauslösung der Relais des privaten Stationschalters und des auf eine Sekunde eingestellten Kabelschalters werden freigegeben. Damit wird erreicht, dass bei einem Kurzschluss der Ring sofort aufgespaltet wird.

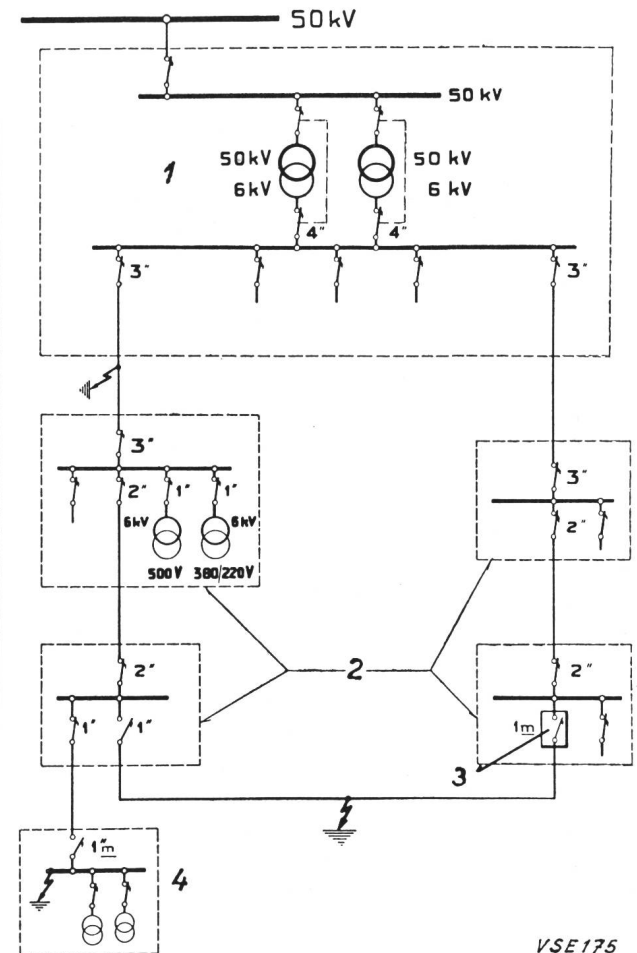


Fig. 4

Beispiel einer Staffelung der Ausschaltzeiten bei Verwendung von Hauptstromrelais (6 kV-Netz)

- 1: Unterwerk;
- 2: Transformatorenverteilstationen;
- 3: Spaltschalter;
- 4: Privatstation.

Die Zeiten in Sekunden sind die Einstellzeiten der verschiedenen Relais; bei den mit *m* bezeichneten Relais wurde die Momentauslösung freigegeben.

Die Staffelung der Ausschaltzeiten wird mit der Zunahme der Netzkurzschlussleistung immer schwieriger. Infolge der hohen Kurzschlußströme kann manchmal nur noch eine maximale Auslösezeit von zwei Sekunden zugelassen werden. Solche kurze Zeiten erfordern eine Staffelung mit 1/3 Sekunde. Energieliefernde Werke können oft den angeschlossenen Gemeinden nur noch eine höchste Auslösezeit von 1,5 Sekunden an der Einspeisestelle zugestehen.

Aus dem oben Gesagten folgt, dass an die Hauptstromrelais heute recht hohe Ansprüche gestellt werden müssen. Die neueren Konstruktionen sind diesen Ansprüchen gewachsen.

Bei der Abnahme werden meistens nur stichprobenweise Prüfungen verlangt. Die Prüfung umfasst etwa folgende Messungen:

- a) minimaler Ansprechstrom bei Einstellung auf 1,2- und 2fachen Nennstrom,
- b) Ansprechzeit bei einer Einstellung von 0,5 Sekunden und 1,2-, 1,7-, 2,5- und 5fachem Nennstrom,
- c) minimaler Ansprechstrom bei einer Grenzstrom-einstellung entsprechend dem 3- bis 6fachen Nennstrom,
- d) Ansprechzeit bei der Grenzstromauslösung mit 3- und 6fachem Nennstrom zuzüglich 10 %.

Bei Hauptstrom-Thermorelais wird die Temperaturzunahme bei Nennstrom und Stellung 1 sowie bei doppeltem Nennstrom und Stellung 2 kontrolliert. Ferner wird festgestellt, ob die Auslösung bei der eingestellten Temperatur erfolgt. Im weiteren wird noch die Grenzstrom-Auslösung überprüft.

Betriebserfahrungen

Der Selektivschutz war anfänglich nicht durchführbar. Die Relais waren mangelhaft konstruiert und wiesen zu ungenaue Auslösezeiten auf. Oft fehlte es auch am Schaltermechanismus, am Aufbau der Relais auf die Schalter, an ungeeigneter Relaisbehandlung und an der mangelhaften Revision. In Zusammenarbeit der Werke mit den Konstruktionsfirmen war es möglich, die Relais so zu verbessern, dass sie heute den Anforderungen genügen.

Ältere Relais beginnen, wenn der Ansprechstrom fast erreicht ist, zu hacken. Dabei entstehen mechanische Beschädigungen, die noch durch Wechselstromvibrationen und das meist schlagartige Kuppeln des Zeitrades vermehrt werden.

Die Zeiteinstellung darf nie während des Ansprechens der Relais oder bei niedergedrücktem Auslösehebel erfolgen. Das Relais kann dabei schwer beschädigt werden. Das gilt für Relais älterer und neuer Konstruktion.

Ohne Kraftspeicher im Auslösemechanismus genügt die Relaiskraft oft nicht zur Auslösung, speziell bei kleiner Strom-einstellung und langsam ansteigendem Strom.

Bei Schaltern, die längere Zeit nicht mehr betätigt wurden, versagt oft die Auslösung. Meistens liegt die Ursache am zu trockenen Freilauf oder an der Verhärtung des verwendeten Fettes. Für wenig betätigte Schalter hat sich Schalter- oder Transformatorenöl als Schmiermittel gut bewährt.

Hauptstromrelais, die auf einen relativ hohen Auslösestrom eingestellt sind und auch eine entsprechende Belastung aufweisen, neigen zu Vibrationen, die zu vorzeitiger Abnützung führen. Die Vibrationen lassen sich vermeiden, wenn Relais mit grossem Nennstrom verwendet werden. Das ist meistens auch möglich, da die Relais vorwiegend der raschen Abschaltung von Kurzschlüssen dienen. Ein grosses Werk verwendet für den Kurzschlußschutz der Verteiltransformatoren mit Leistungen von 150 bis 400 kVA einheitlich ein 60-Amp.-Relais.

Mit dem gleichen Relais werden Hauptschalter in Anlagen der Wiederverkäufer bis zu Leistungen von 500 kVA ausgerüstet. Für Leistungen von 500 bis 1500 kVA kommen 150-Amp.-Relais zur Anwen-

dung, und für grössere Leistungen 300-Amp.-Relais. Total kommt also dieses Werk mit 3 Relais-Typen aus, was für die Lagerhaltung von grossem Vorteil ist.

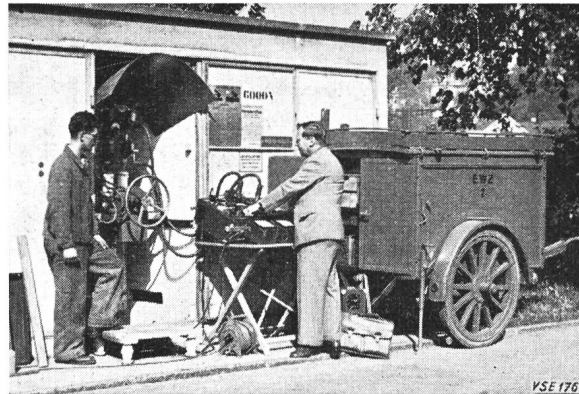


Fig. 5

Kontrolle der Hauptstromrelais am Einbauort mit dem Relaisprüfapparat

Die ganze Messapparatur wird im abgebildeten Anhänger transportiert.

Wenn die Hauptstromrelais zuverlässig funktionieren sollen, dann sind periodische Revisionen unbedingt notwendig. Geeignete Relais-Prüfapparate sind heute in verschiedener Ausführung erhältlich. Hauptrevisionen mit Demontage und Reinigung der Relais sind alle drei bis vier Jahre vorzunehmen. Nach dem Einbau sind die Relais zusammen mit dem Schalter zu prüfen. Zwischen zwei Hauptrevisionen soll ebenfalls am Einbauort eine Kontrolle mit dem Relaisprüfapparat stattfinden.

3. Messwandler

621.314.22.08

Anforderungen

Der Netzschutz verlangt eine getreue Übertragung der primären elektrischen Daten an die von den Niederspannungswicklungen gespeisten Apparate bis zu den höchsten vorkommenden Überströmen. Für die Zäblerspeisung wird eine besonders hohe Messgenauigkeit angestrebt. Die schädlichen Wirkungen der Kurzschlußströme müssen von den empfindlichen Messgeräten ferngehalten werden. Die Wandler müssen ferner den vom Netz her einlaufenden Gefahren, wie Überspannungen, Wanderwellen, Netzerdschlüsse, Überströmen und Schief- last, gewachsen sein. Die Prüfungen umfassen:

- a) Kontrolle der bestellungskonformen Ausführung und Abmessungen, der Dichtigkeit sowie der Daten auf dem Leistungsschild,
- b) Spannungsprobe an Primär- und Sekundärwicklungen,
- c) Messgenauigkeit,
- d) Stoss-Spannungsprüfung,
- e) Ölproben,

ferner für Stromwandler:

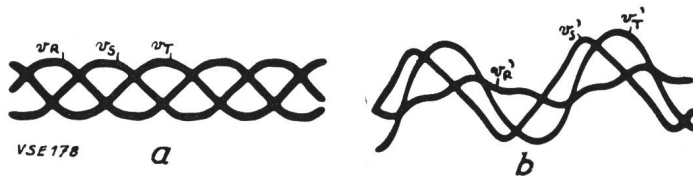
- a) Isolationsprobe,
- b) Kontrolle der Überstromziffern,
- c) Polaritäts- und Schaltungskontrolle,

ferner für Spannungswandler:

- a) Windungsprobe,
- b) Leerlaufströme und Verluste bei Phasenspannung und verketteter Spannung,
- c) Kurzschlußspannung,
- d) Polaritätskontrolle.

Betriebserfahrungen

Die Abdichtung gegen Ölverlust und gegen das Eindringen von Wasser ist oft mangelhaft. Es sollten geklemmte Dichtungen aus ölfestem, synthetischem Gummi verwendet werden. Auch unsorgfältige Schweissarbeit führt manchmal zu Ölverlusten. Sekundäre Durchführungsbolzen werden zweckmässig in Kunststoff-Normalplatten eingegossen.



Stromwandler beträgt normalerweise 5 Ampère. Bei ausgedehnten Freiluftanlagen ist mit Rücksicht auf die Leitungsverluste ein Sekundärstrom von 1 Ampère zu empfehlen.

Spannungswandler in Sternschaltung bei nicht starrer Erdung des Netznullpunktes sollen thermisch für Dauerbetrieb mit verketteter Spannung gebaut sein, jedoch ohne Einhaltung der Messgenauigkeit. Die vorgeschriebenen Messgenauigkeiten sind bei dieser Schaltung für die Phasenspannung abzugleichen. Die Sekundärspannung der Spannungswandler beträgt normalerweise 100 Volt. Bei grossen, ausgedehnten Freiluft-Schaltanlagen wird eine Spannung von 200 Volt gewählt.

Infolge von Nullpunktsverlagerungen in isolierten oder über Löschspulen geerdeten Netzen können

Fig. 6
Beispiel einer Ferroresonanz bei 16 kV-Spannungswandlern

a: v_R, v_S, v_T sind die Phasenspannungen ohne Spannungsverlagerung;
b: v'_R, v'_S, v'_T sind die gleichen Phasenspannungen bei Spannungsverlagerung.
Es handelt sich um eine Resonanzerscheinung mit verlagertem Nullpunkt; es waren 16 Schaltungen zur Anregung dieser Störung notwendig.

Ölstandsanzeiger bewirken oft ein Verfärben des Öls infolge Lichteinfluss. Die Kontrolle des Ölstandes wird dadurch erschwert oder gar verunmöglicht. Es sollten mechanische Standanzeiger mit magnetischer Kupplung angebracht werden.

Ölablaßschrauben, die kombiniert sind mit Entnahmeschrauben für Ölproben, erleichtern die periodische Ölkontrolle. An jedem Apparat sollte auf einem Bezeichnungsschild die Ölqualität vermerkt werden. Als Trocknungsmittel soll das regenerierbare Silicagel verwendet werden und nicht Chlorkalzium.

Die Isoliermaterialien für ölarme Wandlertypen müssen sorgfältig ausgewählt werden. Hartpapier-Isolatoren zeigen Kriechwegbildung mit Explosions-

Spannungen auftreten, die wesentlich höher sind als die Phasenspannung. Die Nullpunktsverlagerung kann folgende Ursachen haben:

- a) Verwendung von weniger als drei Einphasenwandlern,
- b) zeitlich gestaffeltes Zu- resp. Abschalten der Wandler mit einpoligen Trennern,
- c) Schutzapparate, die einzelne Pole abschalten können.

Nullpunktsverlagerungen können aber auch in vollständig symmetrischen Systemen auftreten. Ausgelöst und angeregt werden sie aber ebenfalls durch Unsymmetrien, wie sie praktisch in jedem Netz kurzzeitig auftreten. Diese Verlagerungen werden

Fig. 7

Prinzipschema zur Erklärung der Nullpunktverlagerung in Drehstromnetzen

Links: Die Induktivitäten stellen die Wicklungen der drei Stromwandler, die gegen Erde geschaltet sind, dar. Bei den Kapazitäten handelt es sich um die Kapazitäten des Netzes gegen Erde.

Rechts: Nullpunktverlagerung.

v_R, v_S, v_T : Phasenspannungen ohne Spannungsverlagerung;

v'_R, v'_S, v'_T : Phasenspannungen bei Spannungsverlagerung;

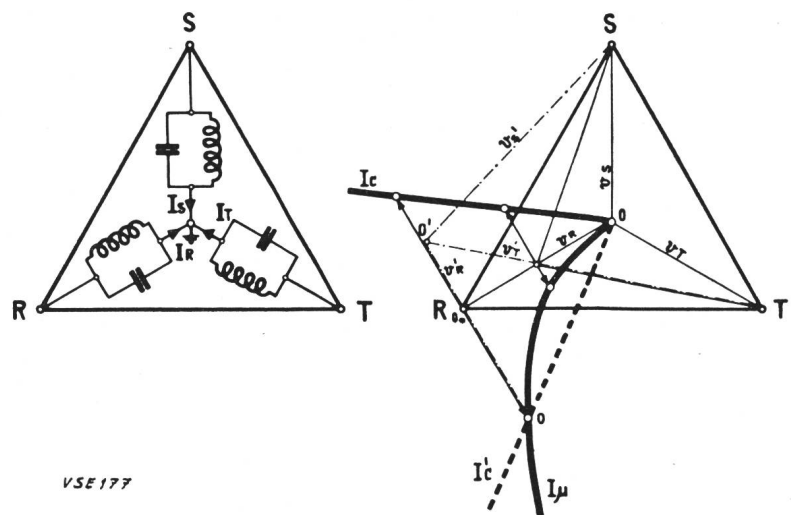
I_0 : Geometrische Summe der kapazitiven Ströme gegen Erde;

I_μ : Geometrische Summe der Magnetisierungsströme gegen Erde;

O' : Nullpunkt bei Spannungsverlagerung (Lage entspricht Fig. 6, b);

O^* : Theoretischer Nullpunkt bei Spannungsverlagerung.

Der Schnittpunkt der Gerade I_0 und der Kurve I_μ ist der sogenannte Resonanzpunkt (die entsprechenden Phasenspannungen sind stabil).



gefahr. Bei ölprägnierter Papierisolation können Wärmedurchschläge auftreten, wenn dielektrisch schlechtes Öl oder Papier verwendet wird.

Die Primärwicklungen von Stromwandlern sind durch Parallel-Funkenstrecken vor hohen Stoßspannungen zu schützen. Der sekundäre Nennstrom der

durch Ferroresonanz-Erscheinungen ermöglicht. Tritt die Resonanz mit höheren Harmonischen auf, so ändert die Lage des Nullpunktes stetig, der Nullpunkt rotiert. Solche Überspannungen können die Funkenhörner zum Ansprechen bringen und einen Kurzschluss einleiten.

Sicherungen zum Schutz der Spannungswandler bewähren sich nicht immer. Zu feine Schmelzeinsätze auf der Oberspannungsseite unterbrechen manchmal den Stromkreis, ohne dass irgendeine sekundäre Störung vorliegt. Bei Trockenspannungswandlern kann unter Umständen auf Primärsicherungen verzichtet werden. Hochspannungs-Schutzautomaten können die Wandler auch vor thermischen Überlastungen des Sekundärkreises oder sogar gegen abnormal hohe dielektrische Verluste der Durchführungen schützen. Da mechanische Ausschaltbewegungen eingeleitet werden, können Hilfschalter diesen Zustand anzeigen und gleichzeitig eine Fehlschaltung durch Distanzrelais unterbinden. Sekundärseitig werden die Wandler mit Vorteil möglichst hoch abgesichert, um die Spannungsverluste klein zu halten. Die handelsüblichen Sicherungen weisen sehr verschiedene Widerstände auf. Sie vermindern dadurch die Messgenauigkeit.

4. Transformatoren

621.314.2

Anforderungen

Für Transformatoren gelten die Regeln für elektrische Maschinen, Publikation Nr. 108 und 108 a des SEV vom Jahre 1934. Diese Richtlinien werden nächsthin für Apparate mit höherer Spannung in Bezug auf Stoßspannung ergänzt. Die Anforderungen für grössere Transformatoren werden im allgemeinen in einem Werkvertrag festgehalten.

Die Beanspruchungen im Falle von Kurzschlüssen oder Überspannungen haben infolge der immer mehr vermaschten Netze und der gewaltigen Leistungszunahme stark zugenommen. Die Erfahrungen haben die Betriebsleute dazu geführt, immer strengere Prüfungen zu verlangen.

Bei grösseren Einheiten ist es üblich, dass der Hersteller vor Beginn der Konstruktion dem Besteller die Zusammenstellungszeichnung und die wichtigsten Detailzeichnungen zur Prüfung und Genehmigung unterbreitet. Die Genehmigung dieser allgemeinen Dispositive und ein oder mehrere Werkstattbesuche während der Fabrikation bilden die Vorabnahme. Für den Betriebsmann, der später die Revisionen und den Unterhalt des Transformators zu überwachen hat, sind die Werkstattbesuche von grossem Nutzen.

Die eigentliche Abnahme erfolgt in zwei Etappen, nämlich in der Werkstatt des Lieferanten und am Einbauort. Werke, die nicht über eigenes diesbezüglich geschultes Personal verfügen, beauftragen üblicherweise die Prüfanstalt des SEV oder ähnliche Institutionen mit den Abnahmeversuchen. Diese Prüfanstalten verwenden eigene Strom- und Spannungswandler sowie Messinstrumente. Nimmt der Besteller die Abnahme selber vor, so ist er angewiesen auf die Einrichtungen des Lieferanten. Die Prüfprotokolle der verwendeten Wandler und Messinstrumente sollen zur Einsichtnahme verlangt werden. Zu kontrollieren sind die technischen Daten, die im Pflichtenheft oder im Werkvertrag aufgeführt sind. Normalerweise werden folgende Kontrollen und Messungen verlangt:

- a) Bestimmung der Wicklungswiderstände
Die Widerstände der Oberspannungs- und Unterspannungs-Wicklungen werden bei den verschiedenen Anzapfungen gemessen. Der Mittelwert der Öltemperatur, bestimmt aus Messungen an verschiedenen Stellen oben und unten im Ölkasten, wird als mittlere Wicklungstemperatur angenommen.
- b) Kontrolle der Übersetzungen
Normalerweise wird der Transformator auf der Unterspannungsseite mit voller oder reduzierter Spannung gespeist. Die Spannungen werden bei den verschiedenen Anzapfungen gemessen.
- c) Kontrolle des Wicklungssinns
Die Kontrolle erfolgt auf Grund der Differentialspannungen zwischen Klemmen der Ober- und Unterspannungsseite.
- d) Bestimmung der Leerlaufverluste und des Leerlaufstromes
Der Transformator wird auf der Unterspannungsseite mit normaler Frequenz gespeist. Die Oberspannungswicklung bleibt offen. Es ist speziell auf genaue Frequenzhaltung zu achten.
- e) Bestimmung der Wicklungsverluste und der Kurzschlußspannung
Auch hier ist auf genaue Einhaltung der Frequenz zu achten. Ferner ist die mittlere Wicklungstemperatur genau zu bestimmen. Der Transformator wird normalerweise auf der Oberspannungsseite gespeist, bei kurzgeschlossenen Unterspannungswicklungen. Wicklungsverluste und Kurzschlußspannung sind bei den verschiedenen Anzapfungen zu messen. Die Wicklungsverluste werden bei 75 °C garantiert. Die gemessenen Werte müssen auf diese Temperatur umgerechnet werden. Die Kurzschlußspannung ist praktisch wenig abhängig von der Temperatur.
- f) Isolationsprobe
Bei der Prüfung mit Fremdspannung erfolgt die Eichung gewöhnlich mittels Kugelfunkentrecke. Es ist speziell auf Entladungen innerhalb des Transformators zu achten. Bei der Wicklungsprüfung wird meistens die Unterspannungswicklung mit Wechselstrom erhöhter Frequenz gespeist.

Bei der Abnahme im Werk können ausser diesen Prüfungen, unter Vorbehalt der definitiven Abnahme am Aufstellungsort, noch folgende Kontrollen durchgeführt werden:

- a) Transformatorenkasten
Allgemeine mechanische Ausführung, Vakuumfestigkeit, Schweißstellen, Rohrleitungen, Messleitungen etc.
- b) Klemmen
Uebergang zwischen Durchführung und Abschlussklemme, Kontaktfläche der Bolzengevinde, Distanzen der koordinierten Funkenstrecke, etc.

- c) **Kühleinrichtung**
Eine genaue Kontrolle ist meist erst am Aufstellungsort möglich.
- d) **Anzapfschalter**
Die Antriebswelle muss genügend stark sein, damit sie sich nicht verdrehen kann. Die Rastierung muss die richtige Stellung genau einhalten. Sie sollte am Schalter selbst angebracht sein mit einer Verriegelung am Schalterantrieb.
- e) **Stufenschalter**
Kontrolle des gegenseitig richtigen Ablaufes des Anzapfwählers und des Lastschalters vermittels Oszillogramm. Weitere Kontrollen am Aufstellungsort.
- f) **Kabelkasten**
Der Kabelkasten sollte zweiteilig sein, damit bei einer Verschiebung des Transformators die Leitungen leicht abgetrennt werden können.

Vor der definitiven Inbetriebsetzung ist die ganze Transformatoranlage eingehend zu kontrollieren. Dazu gehören auch die Schutzeinrichtungen und die Kabelverbindungen. Die Prüfungen sollen etwa in der folgenden Reihenfolge ausgeführt werden:

- a) **Kontrolle der Erdung**
Die am Kasten angebrachte Erdungsschraube muss einwandfrei mit der Erdleitung verbunden sein. Die Erdung der Fahrschienen allein ist nicht zulässig.
- b) **Kühleinrichtung**
Der Ölstand ist bei geöffnetem Verbindungshahn zwischen dem Ölkasten und dem Expansionsgefäß entsprechend der Öltemperatur einzustellen. Pumpen und Alarmvorrichtungen sind in Betrieb zu setzen. Im kalten und später auch im warmen Zustand ist zu kontrollieren, ob die Leitungen, Flanschen und die angeschlossenen Apparate dicht sind.
- c) **Schutzeinrichtungen**
Die Funkenhörner der Durchführungsisolatoren sind entsprechend den Koordinationsregeln einzustellen. Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Kontrolle des Buchholzsches. Es genügt nicht, nur die Zuleitungen zu prüfen. Durch Einführung von Luft in den Transformatorkasten ist der Buchholzschutz zum Ansprechen zu bringen. Temperaturmesseneinrichtungen sind ebenfalls vor der Unterspannungsetzung einzustellen.
- d) **Stufenschalter**
Im spannungslosen Zustand sind alle Stufen durchzuschalten, und zwar von Hand und elektrisch, bei minimaler und maximaler Steuerungspannung. In den Endlagen muss der Kraftspeichermotor in der betreffenden Richtung abschalten. Beim Stehenbleiben des Stufenschalters in einer Zwischenstellung müssen die primären und sekundären Schalter auslösen.
- e) **Kabelkasten**
Der Kabelkasten für Mess- und Steuerleitungen sowie der Antriebsständer müssen wasserdicht

sein. Damit sich kein Kondenswasser bildet, ist eine Durchlüftung notwendig. Es ist speziell darauf zu achten, dass keine feuchte Luft durch die Kabelkanäle in den Kabelkasten eindringen kann.

- f) **Unterspannungsetzung**
Es ist empfehlenswert, die ersten Einschaltversuche bei der günstigsten Sättigung vorzunehmen. Bei um 10 bis 15 % erhöhter Betriebsspannung darf das Brummen des Transformators nicht zu stark sein. Bei kontinuierlicher Änderung der Spannung dürfen die Stufenschalterwiderstände nicht unzulässig warm werden. Ein- und Ausschaltungen dürfen in der Anlage keine übermäßigen Vibrationen verursachen.
- g) **Erwärmung**
Die Kontrolle der Kühlleistung kann im Betrieb vorgenommen werden bei einem bestimmten Belastungsprogramm.

Betriebs Erfahrungen

Die Transformatoren haben sich im Betrieb im allgemeinen gut bewährt. Ihr Unterhalt erfordert keinen grossen Aufwand.

Am meisten Störungen verursachen die Stufenschalter. Bei einer Serie von 10 Transformatoren mussten die Kontakte der Stufenschalter nach ca. 10 000 Schaltungen ausgewechselt werden, während 50 000—75 000 Schaltungen garantiert worden waren. Die Lieferfirma hatte die Schalter mit einigen tausend Schaltungen ausprobiert. Aus dem Zustand der Kontakte wurde geschlossen, dass diese total 50 000—75 000 Schaltungen aushalten würden. Es war notwendig, bei allen Transformatoren neue Kontakte anderer Konstruktion einzubauen, die sich dann gut bewährten.

Infolge ungenauer Einstellung der Stufenschalter-Antriebe unterbrach ein Stufenwähler den Strom und brachte den Buchholzschutz zum Ansprechen. Die Lieferfirma musste alle Stufenschalter-Antriebe der gleichen Konstruktion verbessern und neu einstellen.

Federn von Kraftspeicherantrieben brachen teilweise bereits nach 4000 Schaltungen. Andere hielten wesentlich länger, aber keine hielten die garantierten 80 000 Schaltungen aus. An weiteren Störungsquellen seien noch Verschiebungen von Rollenkontakten infolge ungünstiger Konstruktion sowie Aussetzen der Kupplung zwischen Schalter und Wähler erwähnt. An Anzapfschaltern sind nur ganz vereinzelt Defekte aufgetreten.

Dem Zustand des Transformatoröls sollte vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Ein grösseres Elektrizitätswerk lässt alle zwei Jahre das Öl der Grosstransformatoren gründlich prüfen. Bei den Stationstransformatoren wird das Öl alle fünf bis sechs Jahre durch das eigene Personal geprüft, aber ohne Bestimmung der Säurezahl. Nachdem ein Isolationsdefekt auftrat infolge Alterung des Öls, wurde die Säurezahl von fünf während zirka 20 Jahren im Betrieb gewesenen Transformatoren ermittelt. Bei drei Transformatoren ergab sich ein

Wert von 0,7 bis 1,5, bei einem von 0,53 und beim fünften von 0,14. Nach den Richtlinien des SEV war also nur noch das Öl eines Transformators einwandfrei. Wenn auch ein Transformator mit Öl von zu hoher Säurezahl jahrelang im Betrieb sein kann, ohne dass ein Defekt auftritt, so erleidet doch die Isolation Schaden. Bei starker elektrischer oder mechanischer Beanspruchung kann es dann zu einem Durchschlag kommen. In einem Falle trat eine Störung drei Monate nach der Inbetriebsetzung auf, weil der Transformator nach der Montage ungenügend getrocknet worden war.

Bei Transformatoren mit Aluminiumwicklungen ist den Verbindungen Aufmerksamkeit zu schenken. In verschiedenen Fällen führte die Zunahme der Übergangswiderstände zu übermässiger Erwärmung.

An einem Stufentransformator wurden bei der Montage die Einlagen zwischen Joch und Säule verwechselt. Auf der mittleren Säule war eine starke Zwischenlage und auf einer äusseren Säule eine dünne Zwischenlage eingebaut worden. Da sich die mittlere Säule im Betrieb stärker erwärmt und entsprechend stärker ausdehnt, begann das obere Joch mit der Periodenzahl zu vibrieren. Die Folge war ein unerträglicher Lärm, eine Beschädigung der Isolationseinlagen und des Eisens der Säulen.

An Verteiltransformatoren mit drei Wicklungen, von denen die eine nicht benützt wurde, traten bei Gewittern verschiedentlich Durchschläge zwischen den beiden Niederspannungswicklungen auf. Die Transformatoren waren auf der Oberspannungsseite durch Überspannungsableiter geschützt. Die Nullpunkte der nicht benützten Niederspannungswicklungen waren an die Schutzterde angeschlossen. Beim Ableiten des Blitzstromes über die Schutzterde erreichte die Spannungsdifferenz zwischen den bei-

den verschieden geerdeten Niederspannungswicklungen einen unzulässig hohen Wert, der zum Durchschlag führte. Nachdem der Nullpunkt der nicht benützten Niederspannungswicklung mit dem Nullpunkt der anderen Niederspannungswicklung verbunden wurde, unterblieben die Schäden.

In der Diskussion wurde angeregt, die Kurzschlußspannung der Verteiltransformatoren allgemein herabzusetzen, um die Spannungsabfälle zu reduzieren. Bei den heute üblichen kurzen Schaltzeiten spielt die Erwärmung der Transformatoren im Kurzschluss keine grosse Rolle mehr, nur die dynamische Beanspruchung wird grösser. Die Abschaltleistungen der Niederspannungssicherungen setzen hier allerdings auch eine Grenze.

Die üblichen Methoden zur Bestimmung der Schaltgruppe durch Messung der Differentialspannungen zwischen Ober- und Unterspannung ist bei grossem Übersetzungsverhältnis unsicher und hat auch schon zu falschen Resultaten geführt. Bei der Bestimmung der Wicklungswiderstände sind Batterien zuverlässiger als Gleichstromgruppen. Messbrücken zur Bestimmung der Übersetzungsverhältnisse ergeben genauere Resultate als die übliche Methode mit Voltmetern. Für den Abnahmebeamten ist es jedoch schwierig, die Messung zu kontrollieren.

Zusammenfassend darf gesagt werden, dass die Erzeugnisse unserer schweizerischen Konstruktionsfirmen den heutigen Anforderungen genügen. Bei Neukonstruktionen werden sich immer gewisse Kinderkrankheiten zeigen. Die Lieferfirmen sind den Werken dankbar für diesbezügliche Mitteilungen, und bemühen sich, den Betriebsanforderungen gerecht zu werden. Festgestellte Mängel werden oft auch nach Ablauf der Garantiezeit auf Kosten der Lieferanten behoben.

A. Bühler

Bericht über die Diskussionsversammlung vom 11. Mai 1954 in Lausanne

1. Relais und Messwandler

621.316.925 + 621.314.22.08

Dem Problem des Netzschutzes galten von jeher die grössten Anstrengungen der Elektrizitätswerke der allgemeinen Versorgung. Die heute zur Verfügung stehenden Apparate gestatten es, praktische Lösungen zu verwirklichen, bei denen ein befriedigender Fehlerschutz und, insbesondere, ein hinreichend genau arbeitender Selektivschutz erreicht werden kann.

Das Netz der «Compagnie Vaudoise d'Electricité» besteht im grossen und ganzen einerseits aus einem ringförmigen 40-kV-Netz, das den Energietransport zwischen den Kraftwerken und den grossen Verbrauchszentren übernimmt, und andererseits aus einem 13-kV-Verteilnetz, das die Ortstransformatorenstationen (Sekundärspannung 380/220 V) speist. Die genannte Unternehmung hat in den letzten Jahren ihre Anlagen vollständig erneuert; sie verfügt damit heute, insbesondere was die Netzschutzeinrichtungen und die Relais anbelangt, praktisch über neue Anlagen.

Bei Lieferungen von Relais und Messwandlern führt die «Compagnie Vaudoise d'Electricité» keine systematischen Abnahmeprüfungen durch. Dagegen

werden die Relais bei der Inbetriebsetzung unter den tatsächlich auftretenden Betriebsbedingungen eingehend geprüft. Bei Messwandlern begnügt man sich allgemein mit den Prüfprotokollen des Fabrikanten.

Die Erfahrung zeigt andererseits, dass bei Relais und Schutzeinrichtungen, damit sie zuverlässig funktionieren, häufige periodische Revisionen unerlässlich sind. Die Relais sind mindestens einmal im Jahr zu kontrollieren und zu prüfen: funktionieren sie nicht mehr richtig, sind sie zwecks Reparatur und Revision ausser Betrieb zu setzen. Bei den Schnelldistanzschutzrelais sollen die Unterhaltsarbeiten besonders sorgfältig durchgeführt werden. Es hat sich als notwendig erwiesen, solche Relais mindestens einmal im Monat blind zum Ansprechen zu bringen. In nächster Zeit soll in einer Zentrale der Compagnie Vaudoise d'Electricité eine besondere Einrichtung, die jederzeit die Kontrolle dieser Relais ermöglicht, in Betrieb genommen werden.

Was die Betriebserfahrungen mit den Schutzeinrichtungen und Relais betrifft, wurde z. B. bei der «Compagnie Vaudoise d'Electricité» festgestellt, dass in 75 % der 32 Fälle, in denen in den Jahren

1942 bis 1947 ein Schnelldistanzschutzrelais ansprach, ein vollkommener Selektivschutz gewährleistet war, was ein befriedigendes Resultat darstellt.

Bei komplizierten Fehlern — Erdschluss, gefolgt von einem doppelten Erdschluss, Kurzschluss und Unterbrechung — ist die Fehlerselektion oft zweifelhaft; in bestimmten Fällen ist der Erdschlusswiderstand zu gross (insbesondere bei Holzmasten), so dass der Wirkstrom zu klein ist, um die Relais zum Ansprechen zu bringen.

Was die Schnellwiedereinschaltung im 13-kV-Verteilnetz betrifft, hat es sich gezeigt, dass dadurch in mehr als 80 % der Fälle ein ununterbrochener Betrieb gewährleistet wird. Bei den Leitungen, die im Flachland stehen, sind die Fehler meist nur atmosphärischen Ursprungs, so dass an Gewittertagen die Schnellwiedereinschaltung oft in 100 % der Fälle ihren Zweck erfüllt.



Fig. 8

Unfall mit 125 kV-Oelspannungswandlern

Nach einer Störung in einem Spannungswandler wurden 12 derselben durch das brennende Öl zerstört.

Die «Compagnie Vaudoise d'Electricité» kontrolliert das in den 125-kV-Messwandlern enthaltene Öl jährlich einmal. Diese Kontrolle erstreckt sich auf die Messung der Säurezahl sowie auf die Durchführung einer Spannungsprobe. Es ist damit möglich, von Zeit zu Zeit das Öl auszuwechseln, um es zu trocknen oder zu regenerieren. Mit den trocken-



Fig. 9

Die Wicklung eines 125 kV-Oelspannungswandlers nach dem Unfall der Fig. 8

isolierten 40-kV-Spannungswandlern sind bis heute gute Erfahrungen gemacht worden. Das neue Kraftwerk «Les Clées» wird ausschliesslich mit derartigen 40- und 13-kV-Messwandlern ausgestattet werden. Ihr hauptsächlichster Vorteil liegt darin, dass durch ihre Anwendung die Feuergefahr erheblich vermindert wird.

Als Beispiel einer grossen Betriebsstörung mit Messwandlern wird der Unfall genannt, der sich im Oktober 1950 bei Ölspannungswandlern im 125-kV-Feld des Kraftwerkes Montcherand ereignete. Dieser Unfall nahm ein sehr grosses Ausmass an, weil das brennende Öl sich über eine grosse Bodenfläche ausbreitete, was die Zerstörung von 12 Spannungswandlern zur Folge hatte.

2. Schalter und Transformatoren

621.316.54.027.3 + 621.314.2

Es muss immer wieder festgestellt werden, dass Apparate, welche die gemäss den Regeln und Normen vorgesehenen Abnahmeprüfungen mit Erfolg bestanden haben, nach mehr oder weniger langem Betrieb in den Netzen, und zwar unter normalen Bedingungen, Störungen aufweisen.

Solche Störungen rühren normalerweise von einer frühzeitigen Alterung der benutzten Werkstoffe (Metalle, Isolierstoffe) her, deren Lebensdauer den Anforderungen, die an den Apparat gestellt werden, nicht entspricht.

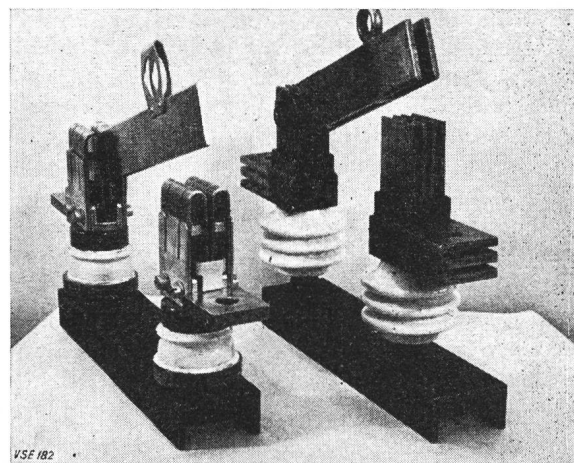


Fig. 10

Alte und neue Konstruktion von Trennmesserkontakten

Rechts: Alte Konstruktion (1902).

Kontakt Kupfer auf Kupfer, keine Federn.

Links: Neue Konstruktion (1952).

U-Form, Messingunterlage. Der Kontaktdruck wird durch Federn erzeugt.

Bei den Schaltern ist ganz allgemein dem Problem der Schalterkontakte grosse Bedeutung beizumessen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass der Kontakt «Kupfer auf Kupfer» bei Temperaturen von über 85 °C keine Dauerhaftigkeit besitzt. Wird der Schalter selten betätigt, bildet sich mit der Zeit eine Schicht Kupferoxyd, das schlecht leitet. Damit steigt der Übergangswiderstand des Kontaktes; das Kupfer erwärmt sich immer mehr, bis es seine elastische Eigenschaft durch Ausglühen verliert, was eine Zerstörung des Kontaktes zur Folge hat. Aus diesem Grund werden heute alle modernen Schalter

mit versilberten Federkontakten ausgerüstet, mit denen gute Erfahrungen gemacht wurden. Die Hauptbestandteile der Kontaktabstützung werden im allgemeinen vernickelt.

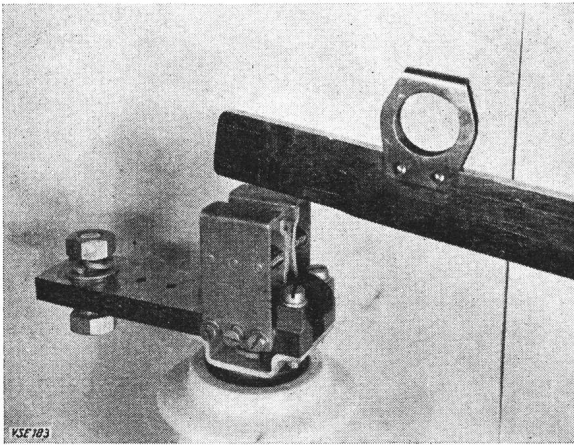


Fig. 11

Moderner Trennmesserkontakt

Versilberte Kontaktfläche, Unterteilung in Lamellen, Schraubenfedern zur Erzeugung des Kontaktdruckes.

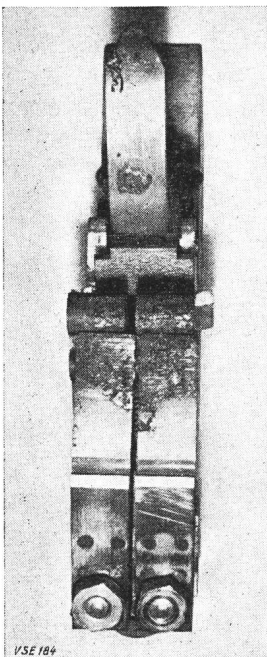


Fig. 12

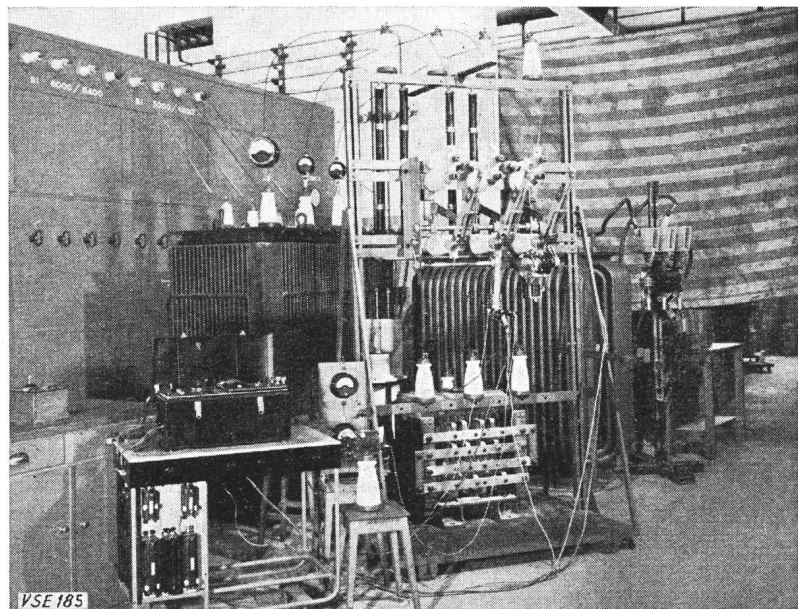
Beispiel einer Zerstörung der Schalterkontakte bei einem Apparat, der nur selten in Funktion tritt.

Die *Abnahmeprüfungen*, bei denen jeder Schalter einzeln geprüft wird (Stückprüfung), umfassen eine Spannungsprüfung bei Industriefrequenz sowie die Kontrolle der mechanischen Eigenschaften. Bei der Typenprüfung sollte auch eine Erwärmungsprobe und die Prüfung der Ausschaltleistung vorgenommen werden. Besitzt die Herstellerfirma keine Hochleistungskurzschlussanlage, so kann das Elektrizitätswerk, sofern die benötigten Leistungen nicht zu gross sind, die Prüfung der Ausschaltleistung in seinem Netz durchführen.

Vernachlässigt man die Nachteile, die sich aus der Erhöhung der Feuergefahr durch das Vorhandensein von grossen Ölmengen ergeben, sind die gewöhnlichen Ölschalter von grösserer Betriebssicherheit und von einfacherem Unterhalt als die ölarmen Schalter. Bei diesen wurde eine rasche Verschlechterung des Öles festgestellt, insbesondere dann, wenn öfters kleinere Ströme zu unterbrechen sind. Dagegen ergaben Spannungsprüfungen an verrusstem Öl aus einem ölarmen Schalter nach 25 Abschaltungen von 40 A bei 18 kV, dass dieses Öl immer noch die vorgeschriebene Durchschlagsfestigkeit von 30 kV auf 5 mm besass. Es kann dies wahrscheinlich damit erklärt werden, dass die Zersetzung des Öls ohne den in der Luft enthaltenen Sauerstoff erfolgt.

Bei den Druckluftschaltern sind die Gründe von Störungen, sofern solche auftreten, bei den Dichtungen, Ventilen, Kontakten und Drucklufteinrichtungen selbst zu suchen.

Fig. 13
Prüfung eines Lasttrenners in einem Elektrizitätswerk
Messung der Ausschaltzeit mit Schleifenoszillograph.



Bei den Schaltern, von denen im folgenden die Rede sein soll, können unterschieden werden: Trenner mit elektromagnetischer Funkenlöschung, die bei 20 kV einen Strom bis 20 A unterbrechen können; Lasttrenner mit pneumatischer Funkenlöschung, die bei 20 kV eine Ausschaltleistung von 15 bis 20 MVA besitzen; Ölschalter mit einer Ausschaltleistung in der Grössenordnung von 350 MVA bis 20 kV, Druckluftschalter mit einer Ausschaltleistung von mehr als 500 MVA.

Die Prüfbestimmungen für die Abnahmeprüfungen von Schaltern sind in den neuen «Regeln für Wechselstrom-Hochspannungsschalter» festgelegt, die gegenwärtig beim SEV zur Diskussion stehen. Es wäre zu wünschen, dass in diesen Regeln auch *Lebensdauerprüfungen* vorgesehen würden, um feststellen zu können, ob die benützten Werkstoffe den an die Apparate gestellten Anforderungen wirklich genügen.

Was die *Leistungstransformatoren* betrifft, sei

vorerst an die in den letzten Jahren erzielten konstruktiven Fortschritte erinnert, die z. B. bei einem Verteiltransformator von 400 kVA eine Gewichtsverminderung von rund 30 % ermöglichen. Unter den erzielten Fortschritten sind zu nennen: die Verwendung von neuartigem Transformatorblech mit weniger als 0,6 W/kg Verlusten, die Erhöhung der Induktion im Kern bis auf 16 000 Gs und die neue konstruktive Gestaltung des Kernes.

Wie ist bei Transformatoren das Problem der Kühlung zu lösen? Die *natürliche Kühlung* ist, besonders bei den Verteiltransformatoren, die meistverbreitete Kühlungsart geblieben. Sie kann bei Rohrkesseleln bis auf eine Leistung von 6000 kVA und bei getrennten oder dem Kessel angebauten Radiatoren bis zu 30 000 kVA

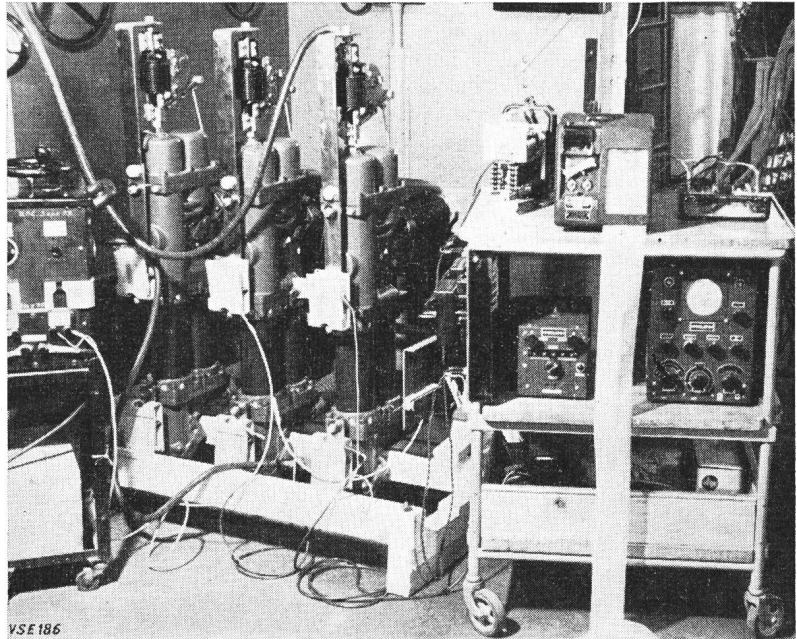


Fig. 14

Prüfung eines ölarmen Schalters in einem Elektrizitätswerk
Messung der Ausschaltzeit mit Oszillograph.

wendet werden. Die *natürliche Kühlung mit zusätzlichen Ventilatoren* kommt mit Vorteil bei grossen Unterwerken, die ohne ständige Überwachung

als 80 % der Nennleistung belastet wird. Darüber hinaus werden die Ventilatoren automatisch in Betrieb genommen.

Die *künstliche Kühlung mit forciertem Ölumlauf*

ist die wirtschaftlichste Lösung. Sie ist am besten geeignet für die Transformatoren, die in den Kraftwerken aufgestellt werden, also meistens unter Vollast laufen und ständig überwacht werden.

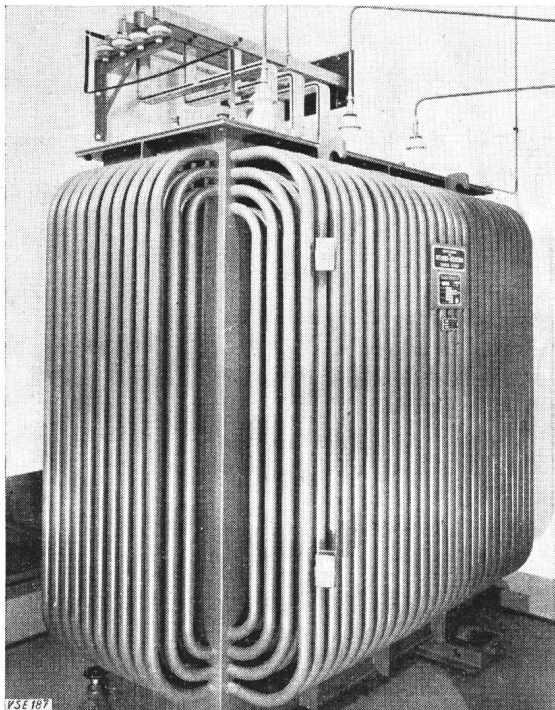


Fig. 15

Transformator mit natürlicher Kühlung

betrieben werden, in Frage. Es kann angenommen werden, dass in solchen Fällen die natürliche Kühlung ausreichend ist, um einen normalen Betrieb zu sichern, solange der Transformator mit weniger

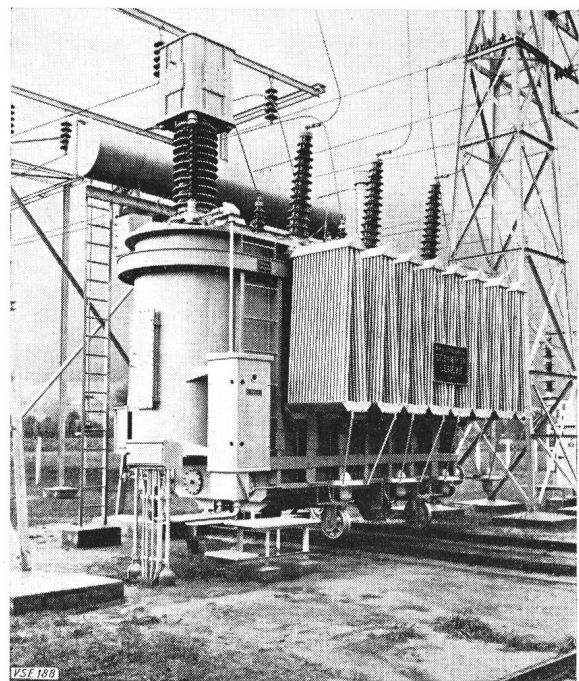


Fig. 16

Transformator mit natürlicher Kühlung und zusätzlichen Ventilatoren

Die Erfahrung lehrt, dass die Zersetzung des Öls durch Wärmeeinwirkung dadurch charakterisiert ist, dass eine langsame Oxydation stattfindet, unter

Bildung lösbarer (Säuren) und unlösbarer Stoffe (Schlamm). Ein Fortschritt wurde dadurch erreicht, dass heute dem Öl gewisse Stoffe beigemischt werden (Inhibitoren), die die Alterung des Öls verlangsamten und somit seine Lebensdauer verlängern. Es

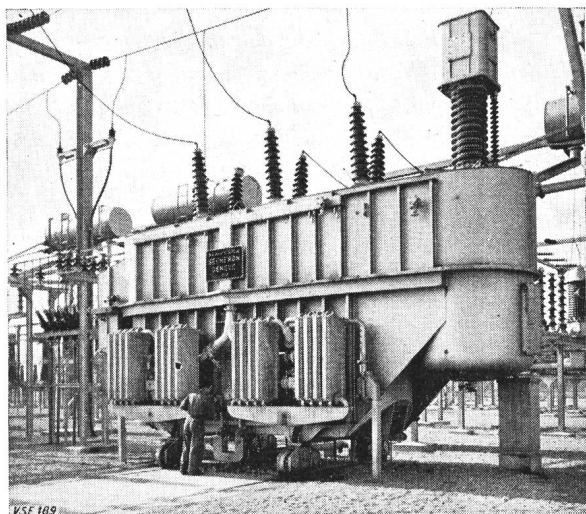


Fig. 17

Transformator mit künstlicher Kühlung und forciertem Ölumlaufl

darf in diesem Zusammenhang an die in Frankreich verwendeten «pyralènes» erinnert werden, isolierende flüssige Kunststoffe, die nicht brennbar und sehr stabil sind. Leider greifen sie gewisse Isolierstoffe an und sind heute noch relativ teuer.

Was die *Abnahmeprüfungen* anbelangt, ist zu erwähnen, dass die Leistungstransformatoren gewöhnlich in Anwesenheit des Käufers in den Werkstätten der Herstellerfirma nach den «Schweizerischen Regeln für elektrische Maschinen» geprüft werden. Eine neue Prüfung, die in den Vereinigten Staaten von Amerika vorgeschrieben wird, ist die sogenannte Spannungsprüfung mit Stoßspannung. Sie entspricht der Beanspruchung des Transformators im praktischen Betrieb bei atmosphärischen Überspannungen. Trotzdem alle Fachleute von der Wirksamkeit dieser Prüfung überzeugt sind, ist sie in Europa noch stark umstritten. Gegenstand der Auseinandersetzungen bilden die Art und Weise, wie die Prüfung durchzuführen ist, die Form der zu verwendenden Stoßspannungen und die aus den gemachten Prüfungen zu ziehenden Schlussfolgerungen. Auf jeden Fall hat diese Prüfung es den Konstrukteuren ermöglicht, mehrere Verbesserungen in der Anordnung der Wicklungen und in der Konstruktion der Stufenschalter anzubringen.

In den Schweizerischen Regeln für elektrische Maschinen ist die *Nennleistung eines Transformators* nicht klar definiert, so dass über diesen Punkt immer wieder gestritten wird. Ist unter der Nennleistung die Leistung zu verstehen, die sekundärseitig verfügbar ist, oder diejenige, die primärseitig aufgenommen wird? Die Elektrizitätswerke sind meistens der Meinung, dass die erste dieser Definitionen die richtige ist, wogegen die Fabrikanten meistens die zweite als zutreffend erachten.

3. Diskussion

a) Netzschutz und Relais

Im Netz eines grossen städtischen Werkes hat die Selektivschutzanlage mit Distanzrelais nie gut funktioniert. Es ist dies wahrscheinlich damit zu erklären, dass es sich um ein Kabelnetz handelt, das übrigens kompliziert aufgebaut ist.

Andererseits arbeitet der Selektivschutz bei einem Überlandwerk nur in einem einzigen Fall nicht gut, und zwar, wenn zwei Leitungen parallel geschaltet sind. Damit eine solche Anlage zur vollen Zufriedenheit arbeitet, müssen zur Messung der Kurzschlussströme eine geeignete Schaltung sowie gute Messwandler verwendet werden. Es kann ferner vorkommen, dass Elektrokessel, die direkt (d. h. ohne Transformator) am Hochspannungsnetz angeschlossen sind, einen befriedigenden Selektivschutz verunmöglichen. Es sollte also, bei Neuanschlüssen von Elektrokesseln, von den Elektrizitätswerken stets die Verwendung eines Transformators verlangt werden. Es ist auch möglich, eine Einrichtung vorzusehen, die eine automatische Abschaltung der direkt vom Netz gespeisten Elektrokessel bewirkt, sobald ein Fehler auf dem Netz auftritt.

Im Hochspannungsnetz eines grossen Werkes wurden versuchsweise künstliche Erdschlüsse mit einem den Boden auf einer gewissen Länge berührenden Draht bewirkt. Diese Versuche ergaben, dass der Selektivschutz von einer Drahtlänge am Boden von 5 bis 6 Metern an richtig funktioniert. Im Fall von Eisen- oder Betonmasten handelt es sich nun in der Praxis meist um einen durchgeschlagenen Isolator, d. h. um einen direkten Erdschluss. Es kann also erwartet werden, dass in diesem Fall die Relais mit Sicherheit ansprechen werden.

Was die Relais ganz allgemein betrifft, sind die meisten Werke der Meinung, dass einzig und allein durch eine Kontrolle bei der Inbetriebsetzung und eine regelmässige Kontrolle in den Netzen ein zufriedenstellender Betrieb erreicht werden kann.

In Bezug auf die Ausschaltzeiten der Kurzschlüsse auf den Netzen erachtet ein Werk eine Zeit von einer Sekunde als oberste Grenze, soll unter anderem eine übermässige Erwärmung der Kabel durch die Kurzschlussströme vermieden werden.

In einem anderen Netz sind Ausschaltzeiten von drei Sekunden nicht selten, wobei Fehler in den Kabeln nie festgestellt worden sind.

b) Messwandler

Sollen Störungen vermieden werden, wie eine solche im Referat über die Apparate erwähnt wurde, ist es bei Ölmeswandlern angezeigt, einen Buchholzschutz sowie eine Ölfanggrube (mit Kies und Schotter gefüllte Grube) vorzusehen.

Infolge ihrer mechanisch sehr empfindlichen Primärwicklungen (Kupferdraht mit sehr dünnem Durchmesser) sind die Spannungswandler der wunde Punkt jeder Hochspannungsanlage.

Bei Spannungswandlern einiger Werke wurden Ferroresonanzerscheinungen festgestellt, deren Fol-

gen für diese Apparate oft gefährlich sind. Solche Ferroresonanzerscheinungen treten in den Netzen mit nicht direkt geerdetem Nullpunkt auf. Zu ihrer Verhinderung wird meistens folgende Schaltung angewendet: Der Resonanzkreis, der die Ferroresonanz bewirkt, wird dadurch gedämpft, dass kleine Transformatoren auf der Sekundärseite der Spannungswandler angeschlossen werden; diese Transformatoren werden ihrerseits sekundärseitig mit geeigneten Widerständen belastet.

In einem Werk, wo trockenisolierte 32-kV-Spannungswandler verwendet werden, explodierte ein solcher Apparat mit grosser Wucht. Eine derartige Explosion kann sehr gefährlich werden; es ist aber zu betonen, dass die Gefahren bei Ölwandlern noch grösser sind (Brandgefahr). Zudem kann der erwähnte Fall als ungewöhnlich betrachtet werden, da es sich dabei um einen Prototyp handelte, der bei den Versuchen, für die er bei der Herstellerfirma verwendet wurde, sehr starken Beanspruchungen unterzogen worden war.

Im allgemeinen wurden mit trockenisolierten Messwandlern gute Erfahrungen gemacht.

c) Schalter

Es wird allgemein festgestellt, dass die meisten Schalterstörungen heute auf mechanische Fehler zurückgeführt werden können und nicht auf ungenügende Schaltleistungen. Dies erklärt, weshalb die Abnahmeprüfungen in den Werkstätten der Fabrikanten nichts über die später tatsächlich auftretenden Störungen aussagen können.

d) Leistungstransformatoren

In einem grossen Überlandwerk wurde kürzlich die periodische Kontrolle des Transformatorenöls eingeführt. Anlässlich der ersten dieser Kontrollen wurden Beschädigungen bei einer ganzen Serie von 50- bis 75-kVA-Transformatoren gewöhnlicher Bau-

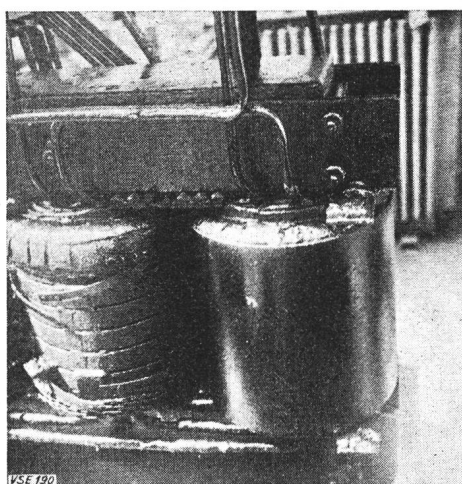


Fig. 18

Schlammabbildung bei schlecht konstruiertem Transformator

art festgestellt. Es handelte sich dabei um sehr starke Schlammabbildung, die durch einen Konstruktionsfehler verursacht wurde (schlechte Ölzirkulation).

Die Erfahrung zeigt, dass Transformatoren mit Aluminiumwicklungen auf Überlastungen sehr empfindlich sind; solche Transformatoren sollten

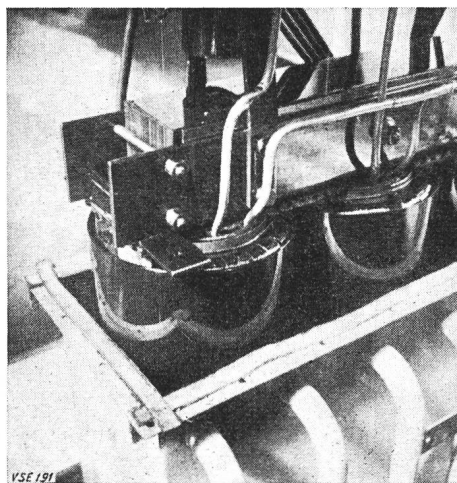


Fig. 19

Transformator mit schlechter Ölzirkulation (siehe auch Fig. 18)

deshalb wenn möglich unter ihrer Nennlast betrieben werden. Es darf ferner nicht vergessen werden, dass Transformatoren mit Aluminiumwicklungen meistens Kriegsöl schlechter Qualität enthalten, das zu Störungen Anlass geben kann. Bei den gleichen Transformatoren wurde auch festgestellt, dass die Lötstellen, beispielsweise diejenigen, welche die Wicklung mit den Durchführungen verbinden, mit der Zeit oft schlechter werden.

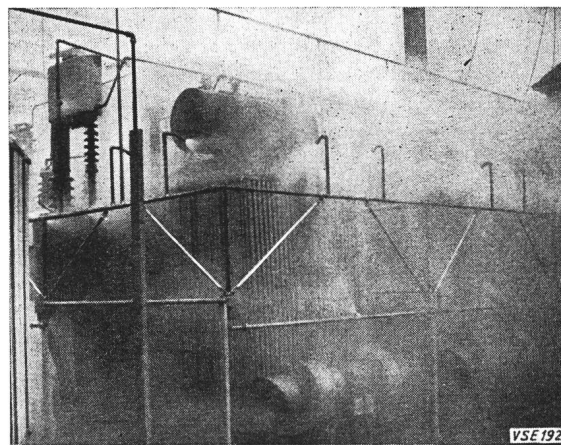


Fig. 20

Brandschutz von Grosstransformatoren durch automatische Wassernebelanlage

Um die Transformatoren gegen Brand zu schützen, werden von den meisten Werken Ölfanggruben verwendet. Von einem Werk wurden ausgedehnte Versuche durchgeführt, welche die Wirksamkeit solcher Gruben im Brandfall bewiesen. Bei diesen Versuchen ergab sich, dass ein Brand bei gewöhnlichem Boden bedeutend grössere Ausmasse annimmt als im Falle des Vorhandenseins einer Ölfanggrube.

Bei Verwendung solcher Gruben darf die Wasserabflusseinrichtung nicht vergessen werden. Das Was-

ser sammelt sich sonst unter Umständen in den Gruben in solchen Mengen an, dass das Öl schlussendlich darin keinen Platz mehr findet und sich, trotz dem Vorhandensein der Gruben, auf dem Boden ausbreitet.

In einem Werk werden nicht nur Ölfanggruben unter den Transformatoren, sondern auch kleine Mauern von 50 bis 60 cm Höhe gebaut, die es verunmöglichen, dass das Öl sich zu weit ausbreitet. Ferner wurde im Untergeschoss des Kraftwerkes ein Metallbehälter angebracht, in den das Reserveöl im Brandfall geleitet werden kann.

Bei den grossen Transformatoren wird meistens eine Löschanlage mit Wassernebel aufgestellt. Im Brandfall öffnet sich der Hahn automatisch, so dass die Transformatoren sofort mit Wasser bespritzt werden. Diese Einrichtung ergibt einen guten Brandschutz.

Bei allen Transformatoren von einer einigermaßen grossen Nennleistung werden Abnahmeprüfungen beim Hersteller durchgeführt. Durch diese Prü-

fungen besteht die Möglichkeit der Kontrolle der technischen Daten. Dagegen ergeben sich dadurch keine Anhaltspunkte über die mechanischen Eigenschaften oder die voraussichtliche Lebensdauer. Im allgemeinen aber werden mit den Leistungstransformatoren im Betrieb gute Erfahrungen gemacht. Wenn der Buchholzschutz regelmässig kontrolliert wird, ist die Brandgefahr ziemlich klein. Schlamm- bildung, wie sie weiter oben erwähnt wurde, ist relativ selten und kann vollständig vermieden werden (wenn sie nicht konstruktiv bedingt ist) durch Verwendung der besten Öle, die auf dem Markt zu erhalten sind, und durch Wahl einer nicht zu hohen Betriebstemperatur. Von einzelnen Werken werden lange Garantiezeiten verlangt. So wurde in einem bestimmten Fall für einen 120-MVA-Transformator eine Garantie von drei Jahren gefordert, um zu berücksichtigen, dass von der in Frage stehenden Firma Transformatoren mit so grosser Nennleistung vorher nie hergestellt worden waren.

R. Saudan.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie in Belgien im Jahre 1953

31 : 621.311 (493)

Die «Fédération Professionnelle des producteurs et distributeurs d'Electricité en Belgique» (FPE) veröffentlichte kürzlich die Statistiken für 1953 über die Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie in Belgien.

Verteilung der Engpassleistung nach der Art der Elektrizitätswerke Tabelle I

	Engpassleistung am 31. Dezember		
	1952 MW	1953 MW	Veränderung %
<i>Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung</i>			
Private Werke	1565	1616	+ 3,2
Werke der öffentlichen Hand	169	177	+ 4,8
<i>Industrielle Selbsterzeuger</i>	1162	1192	+ 2,6
Total	2896	2985	+ 3,1

Tabelle I gibt Aufschluss über die Verteilung der maximal möglichen Leistung (Engpassleistung) der von der Statistik erfassten Werke, unterteilt nach der Art der Elektrizitätswerke. Die Engpassleistung ist diejenige Leistung, die jederzeit möglich ist, und zwar unter voller Dauerlast, unter normalen Betriebsbedingungen, und unter der Annahme, dass alle installierten Einheiten, die gleichzeitig in Betrieb stehen können, tatsächlich in Betrieb stehen. Die Einheiten, die im Jahre 1953 neu in Betrieb genommen wurden, brachten eine Steigerung der Engpassleistung um 150 MW. Berücksichtigt man andererseits die Ausserbetriebsetzung von Niederdruckeinheiten einiger Kraftwerke im Ausmasse von insgesamt 50 MW, sowie die Verminderung der Engpassleistung um 17 MW, infolge der definitiven Ausserbetriebsetzung von neun Kraftwerken und einigen kleineren Einheiten von Eigenproduzenten, so beträgt die Netto-Leistungssteigerung nur 89 MW, d. h. 3,1 % der gesamten Engpassleistung.

Die Engpassleistung der Kraftwerke, die mit dem Netz der Allgemeinversorgung parallel geschaltet sind, betrug im Dezember 1953 2418 MW. Im Augenblick der Höchstlast im Netz, d. h. am 23. Dezember 1953, um 8.30 Uhr, betrug die effektiv mögliche Leistung 2186 MW.

Zieht man von dieser Zahl die Reserveleistung ab, so ergab sich in diesem Zeitpunkt eine Höchstlast der Kraftwerke von 1805 MW, wovon 1773 MW für die Bedürfnisse des belgischen Netzes allein.

Aus Tabelle II ist die Verteilung der Engpassleistung nach der Energiequelle ersichtlich. Die Kraftwerke, in denen Kohle und Gas als Energiequelle benützt werden, gehören

Verteilung der Engpassleistung auf die verschiedenen Energiequellen (Ende 1953) Tabelle II

	MW	%
<i>Thermische Kraftwerke</i>		
Kohle und flüssige Brennstoffe	2643	88,6
Kohle und Gas	259	8,7
Gas	55	1,8
<i>Hydraulische Kraftwerke</i>	27	0,9
Total	2984	100,0

zu 85,8 % und diejenigen Werke, die nur Gas verwenden, zu 99,5 % der Eisenindustrie. Wie aus der Tabelle hervorgeht, beträgt in Belgien die Engpassleistung der hydraulischen Kraftwerke lediglich 1 % der gesamten Engpassleistung. Die belgischen Elektrizitätswerke waren im Jahre 1953 jederzeit in der Lage, der Nachfrage nach elektrischer Energie zu genügen, unter gleichzeitiger Reservehaltung von 100 bis 200 MW. Dementsprechend konnte Energie ins Ausland geliefert werden, wobei vom Monat September an eine Leistung von 100 MW erreicht wurde.

Jährliche Netto-Energieerzeugung Tabelle III

	1952 GWh	1953 GWh	Veränderung %
<i>Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung</i>			
Private Werke	4727	4803	+ 1,5
Werke der öffentlichen Hand	371	392	+ 5,6
<i>Industrielle Selbsterzeuger</i>	890	938	+ 5,3
Gemeinsame Kraftwerke	3481	3673	+ 5,3
Eigene Kraftwerke			
Total	9469	9806	+ 3,5

Tabelle III gibt einen Überblick über die jährliche Netto-Erzeugung, unter Abzug des Eigenverbrauches der Kraftwerke, sowie über die Verteilung der Erzeugung nach der Art der Elektrizitätswerke. Die Netto-Erzeugung, die während des Jahres 1952 stationär geblieben war (1951: 9498 GWh; 1952: 9469 GWh), stieg während des Jahres 1953 um rund 3,6 % an.

In Bezug auf die Verteilung der Erzeugung auf die verschiedenen Energiequellen zeigt Tabelle IV, dass im Jahre 1953 99,1 % der Energie auf thermischem Weg erzeugt wurde; 84,2 % wurden aus Kohle, 13,3 % aus Abgasen, 1,6 % aus flüssigen Brennstoffen und Erdgasen gewonnen.

Tabelle V ist zu entnehmen, wie der Verbrauch an elektrischer Energie sich auf Hoch- und Niederspannung sowie

Verteilung der jährlichen Netto-Energieerzeugung auf die verschiedenen Energiequellen Tabelle IV

Art der Erzeugung und verwendeter Brennstoff	1952		1953	
	GWh	GWh	GWh	%
<i>Thermisch</i>				
Kohle	8103	8253		84,2
Abgase	1231	1307		13,3
Flüssige Brennstoffe und Erdgas	58	156		1,6
Total	9392	9716		99,1
<i>Hydraulisch</i>	77	90		0,9
Gesamttotal	9469	9806		100,0

Jährlicher Verbrauch an elektrischer Energie Tabelle V

	1952	1953	Veränderung
	GWh	GWh	%
<i>Verbrauch in Niederspannung</i>			
Beleuchtung in Haushalt und Gewerbe und andere Haus-haltanwendungen	838	881	+ 5,1
Öffentliche Beleuchtung	81	90	+ 11,1
Öffentliche Gebäude	27	27	0
Motorkraft	266	269	+ 1,1
Total	1212	1267	+ 4,5
<i>Verbrauch in Hochspannung</i>			
Industrie	7320	7534	+ 3,0
Bahnen	364	354	- 2,8
Beleuchtung	109	119	+ 9,2
Total	7793	8007	+ 2,8
Totaler Landesverbrauch	9005	9274	+ 3,0

auf die verschiedenen Anwendungsgebiete verteilt. Verglichen mit 1939 stand der Index des Gesamtverbrauches im Jahre 1953 auf 174. Gegenüber dem Vorjahr brachte das Jahr 1953 eine Zunahme des Gesamtverbrauches um 3%. Der Verbrauch in Niederspannung entspricht der von den Verteilerwerken gelieferten Energie. In dieser Zahl ist der Verbrauch der Wohnkolonien und der Gebäude, die von den industriellen Selbsterzeugern direkt beliefert werden, nicht enthalten. Erwähnung verdient, dass 48% des Gesamtverbrauches der Industrie auf die Kohlenzechen und die Eisenindustrie entfällt. Der Index des mittleren Preises der abgegebenen Energie stand Ende 1953 auf 264 (1939: 100), bei Indices des Grosshandels- und Kleinhandelspreises von 406, resp. 392. Der mittlere Verkaufspreis der Energie an die letzten Verbraucher (in Niederspannung), betrug im Jahre 1953 3,22 belg. Frs. pro kWh, gegenüber 3,30 belg. Frs. pro kWh im Jahre 1952 (inkl. Zählermiete + Abonnementsgebühren).

Gesamtbilanz der Erzeugung und des Verbrauches im Jahre 1953 Tabelle VI

	GWh
Erzeugung	9 806
Einfuhr	214
Total	10 020
Verbrauch	9 274
Ausfuhr	215
Verluste	531
Total	10 020

Tabelle VI enthält die Gesamtbilanz der Erzeugung und des Verbrauches für das Jahr 1953.

Im Jahre 1953 wurden von den Elektrizitätswerken insgesamt 1766 Millionen belg. Frs. neu investiert. In dieser Zahl sind die Aufwendungen für Kraftwerke, Übertragungsanlagen, Verteilanlagen (Hochspannung und Niederspannung) sowie für die gemeinsamen Kraftwerke der industriellen Selbsterzeuger enthalten. Der Anteil der privaten Elektrizitätswerke beläuft sich auf 81,9%, derjenige der Werke der öffentlichen Hand auf 18,1%. Sa.

UIPD

Provisorische Angaben über die Erzeugung elektrischer Energie in verschiedenen Ländern im Jahr 1953

31 : 061.2(100) UIPD : 621.311

Die Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'énergie électrique (UIPD) veröffentlichte kürzlich seine jährliche internationale Statistik der Erzeugung und des Verbrauches elektrischer Energie für die Jahre 1951 und 1952. Darin sind auch provisorische Angaben über die Erzeugung elektrischer Energie im Jahre 1953 enthalten. Diese provisorischen Angaben sind in den Tabellen I und II zu finden, wo sie mit den definitiven Zahlen für 1952 verglichen werden können.

Tabelle I betrifft die Länder, die über die Erzeugung der Werke der allgemeinen Versorgung sowie der Selbsterzeuger berichtet haben. Die aufgeführten Zahlen stellen den gesamten Verbrauch zuzüglich der Verluste dar, also die Netto-Erzeugung zuzüglich des Unterschiedes (positiv oder negativ) zwischen Energieeinfuhr und Ausfuhr.

Erzeugung elektrischer Energie der Werke der allgemeinen Versorgung und der Selbsterzeuger Tabelle I

Land	1952	1953	Veränderung
	GWh	GWh	%
Algerien	700	770	+10,0
Bundesrepublik Deutschland	54 793	58 902	+ 5,7
Österreich	7 056	7 674	+ 8,7
Belgien	9 550	9 805	+ 2,7
Kanada	63 570	67 380	+ 6,0
Spanien	9 416	10 116	+ 7,4
Vereinigte Staaten von Amerika	465 324	515 532	+10,8
Finnland	4 658	5 435	+12,7
Frankreich	40 866	41 581	+ 1,7
Island	223	237	+ 6,5
Italien	30 833	32 571	+ 5,6
Japan	51 647	55 688	+ 7,8
Luxemburg	815	821	+ 0,7
Norwegen	18 866	19 658	+ 3,9
Niederlande	8 209	8 972	+ 9,2
Portugal	1 317	1 345	+ 5,6
Schweden	20 514	22 175	+ 8,1
Schweiz ¹⁾	12 048	12 452	+ 3,4
Jugoslawien	2 700	2 937	+ 8,8

¹⁾ Berichtsjahr endet den 30. September des betreffenden Jahres.

Tabelle II betrifft die Länder, die einzig über die Erzeugung der Werke der allgemeinen Versorgung berichtet haben. Die Zahlen folgender Länder: Australien, Dänemark, Grossbritannien, französisch Marokko, beziehen sich auf den gesamten Verbrauch der von den Werken der allgemeinen Versorgung belieferten Bevölkerung, zuzüglich der Verluste. Die Zahlen der anderen Länder sind die Zahlen der Brutto-Erzeugung der Kraftwerke.

Erzeugung der Werke der allgemeinen Versorgung allein Tabelle II

Land	1952	1953	Veränderung
	GWh	GWh	%
Australien ¹⁾	10 036	10 859	+ 8,2
Dänemark	2 461	2 645	+ 7,5
Gross-Britannien	59 220	61 629	+ 4,1
Irland	1 134	1 246	+ 9,9
Französisch Marokko	686	748	+ 9,0
Mexiko	5 322	5 718	+ 7,4
Pakistan	306	403	+31,7

¹⁾ Berichtsjahr endet den 30. Juni des betreffenden Jahres.

Es geht aus den beiden Tabellen deutlich hervor, dass die Änderung der Erzeugung zwischen den Jahren 1952 und 1953 sehr unterschiedlich je nach dem betrachteten Land ausfällt. Sie ist von 10,8% für die Vereinigten Staaten von Amerika zum Beispiel, von nur 3,4% dagegen für die Schweiz. Unser Land gehört ja zu denen, wo die Erzeugung von 1952 auf 1953 am wenigsten gestiegen ist. Sa.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, Telephon (051) 34 12 12, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrounion, Zürich.

Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Sonderabdrücke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.