

Zeitschrift:	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber:	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band:	38 (1947)
Heft:	13
Rubrik:	CIGRE : Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension : 11. Session, Paris 1946 [Fortsetzung]

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: 17.02.2026

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

CIGRE**Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension****11. Session, Paris 1946**

(Fortsetzung von Seite 348)

621.3:621.3

1. Sektion

621.317.7

Gruppe 13: Messungen und Messgeräte

621.317.727

A. Kapazitiver Spannungsteiler zur Messung sehr hoher Wechselspannungen. Referat von *G. Martin*. Das Referat, Nr. 107 (Schweiz), umfasst 13 Seiten Text mit 10 Figuren im Text.

Der in diesem Referat untersuchte kapazitive Spannungsteiler erlaubt die Messung von Wechselspannungen von 110...440 kV; Leistung und Genauigkeit lassen sich mit denjenigen von Spannungswandlern vergleichen. Der Ersatz der Spannungswandler durch kapazitive Spannungsteiler behebt verschiedene Nachteile, z. B. hohe Kosten, grossen Platzbedarf, geringe Widerstandsfähigkeit gegen Stoßspannungen usw.

Das Gerät umfasst, zwischen einer Phase des Netzes und Erde in Serie geschaltet, einen induktionsfreien Widerstand R_1 und zwei Kapazitäten C_1 und C_2 .

Zu den Klemmen der Kapazität C_2 sind eine Induktionsspule und die Primärwicklung eines Spannungswandlers parallel geschaltet.

Die Induktionsspule gleicht die Spannungsabfallfehler in den Kapazitäten des Potentiometers aus, während der induktionsfreie Widerstand R_1 den Winkelfehler kompensiert.

Ein Widerstand ist zur Sekundärwicklung des Transformators parallel geschaltet; parallel zu den Klemmen des Widerstandes R_1 und der Kapazität C_2 befinden sich Messfunkenstrecken.

Ein solcher Spannungsteiler kann gleichzeitig als Schutzkondensator gegen die Ueberspannungsstöße und als Kopplungskondensator benutzt werden, auch für die Trägerwellentelephonie, wobei parallel an den Widerstand R_1 ein auf die Frequenz der Trägerwelle abgestimmter Resonanzkreis gelegt werden muss.

Der Verfasser beschreibt einen von der *Emil Haefely & Cie. A.-G.*, Basel, für eine Spannung von 110 kV bei 50 Hz ausgeführten kapazitiven Spannungsteiler. Dieses Gerät, dessen Messleistung 100 VA ist, zeigt gemäss dem Prüfbericht des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins einen maximalen Uebersetzungsfehler von 0,5 % und einen Fehlwinkel von 20 min.

Der Spannungsteiler besteht aus Kondensatoren mit papiisoliertem und in Oel getränktem Dielektrikum. Der Kondensator C_1 ist in einem Porzellankörper untergebracht, über dem ein Ausdehnungsgefäß angebracht ist, das den Widerstand R_1 enthält. Der Porzellankörper ruht auf einem Blechgefäß, das den Kondensator C_2 , die Induktionsspule, den Transformator und den Dämpfungswiderstand enthält. Das Gewicht eines einphasigen Satzes beträgt 485 kg und seine Höhe 2,1 m.

Der Verfasser berichtet über vergleichende Messungen mit einem kapazitiven Teiler und einem Spannungswandler vom Uebersetzungsverhältnis $120/\sqrt{3}:100/\sqrt{3}$. Die Messungen erwiesen die Gleichwertigkeit der erhaltenen Resultate.

Die Betriebssicherheit des Spannungsteilers beim Auftreten von Stoßspannungen erlaubt dank sorgfältiger Dimensionierung der Kondensatoren dessen Verwendung für Spannungen von 220 und 440 kV in Aussicht zu nehmen. Die Kapazitäten betragen 2000 pF bei 220 kV und 1000 pF bei 440 kV. Die Messleistung und die Präzisionswerte sind dieselben wie die des Spannungsteilers für 110 kV.

621.317.32.027.3

B. Die Methode der Hochspannungsmessung durch gleichgerichteten kapazitiven Strom. Referat von *J.-L. Jakubowski*. Das Referat, Nr. 112 (Polen), umfasst 10 Seiten Text mit 3 Figuren und 1 Tabelle im Text.

Die Methode, von der hier die Rede ist, wurde vom Verfasser an früheren Tagungen der CIGRE dargelegt¹⁾.

Diese Referate suchten die Ueberlegenheit dieser Methode gegenüber derjenigen mit Messfunkenstrecke zu erweisen. Sie kann jedoch als Normalmethode nur angewendet werden, wenn die Spannungskurve des Prüftransformators hinsichtlich ihrer Deformationen nachgeprüft ist. Meinungsverschiedenheiten bestehen auch über die Möglichkeit der Konstruktion eines verlustarmen Kondensators für sehr hohe Spannung mit konstanter Kapazität. Diskussionsgrundlagen werden in den drei ersten Kapiteln dieses Referates gegeben, während das vierte Kapitel das Projekt der auf diese Methode Bezug habenden polnischen Vorschriften betrifft.

Gruppe 14: Transformatoren

621.314.214

A. Selbsttätige Regulierung eines Stufentransformators mit selbsttätiger Wahl der Regulierungsart: Blindleistung oder Spannung. Referat von *Ch. Jean-Richard*. Das Referat, Nr. 104 (Schweiz), umfasst 8 Seiten Text mit 4 Figuren im Text.

Der Verfasser berichtet über die Regulierung der zwischen einem Hochspannungsnetz und einem Mittelspannungsnetz ausgetauschten Blindleistung durch Transformatoren mit Relais-Stufenschaltung unter Last, deren Regler durch ein «Deltavair» benanntes Relais gesteuert sind. Dieses Relais, in vorerst zwei von Brown Boveri und der Maschinenfabrik Oerlikon konstruierten Modellen, ist ein Blindleistungsrelais, das je nach den Betriebsbedingungen der Netze einen Spannungsregler oder einen Blindleistungsregler freigibt. Der Verfasser gibt die Schemata der betreffenden, 1946 auf dem 150-kV- und 45-kV-Netz der Bernischen Kraftwerke in Betrieb gesetzten Vorrichtungen an.

B. Für den Betrieb interessante Fortschritte im Bau der Transformatoren. Referat von *Hans Hartmann*. Das Referat, Nr. 108 (Schweiz), umfasst 23 Seiten Text mit 14 Figuren im Text.

Unter den während der letzten Jahre von Brown Boveri im Bau der Grossleistungstransformatoren erzielten Fortschritten muss an erster Stelle die Verkleinerung der Gewichte und der Wicklungsbemaßungen hervorgehoben werden¹⁾. Wesentliche Voraussetzung dazu war das Verlassen der abwechselnden Anordnung von flüssigen und von festen Isolationen, die aus mit Kunstharsz getränktem Papier in Form von Zylindern und Winkelringen gebildet waren, und ihr Ersatz durch Isolationen aus ölgetränktem Papier, konventionell «Spreizflanschisolation» genannt. Bei dieser Konstruktion erhalten die Enden des Isolierzylinders eine solche Form, dass sie sich in den Verlauf der elektrischen Kraftlinien möglichst senkrecht einschieben. Durch das Spreizen der Flanschen werden ferner Gleitentladungen, die von den Wicklungsenden ausgehen könnten, verhindert.

Eine andere Voraussetzung des Fortschritts bildete die Verwendung zylindrischer Kerne mit radial angeordneten Blechen; die Joche umspannen das untere und obere Ende der Kerne und empfangen den regelmässig auf den ganzen Umfang der Säule verteilten Magnetfluss. Man erhält mit dieser Anordnung im Verhältnis zu einem Einphasentransformator des zweisäuligen Typs oder einem dreiphasigen des dreisäuligen Typs eine Einsparung an Bauhöhe von 1,6mal den Durchmesser der Säule. Im Vergleich zum Einphasentransformator des drei- oder vieräuligen Typs oder zum Transformator des fünfsäuligen Typs gewinnt man an Höhe

¹⁾ *Jakubowski, J. L.:* Compte rendu des travaux de la huitième session de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension (1935); Bd. 1, Referat Nr. 134, bespr. in Rev. gén. Electr. Bd. 39(1936), Nr. 18, S. 672.

Jakubowski, J. L.: Compte rendu des travaux de la dixième session de la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension (1939); Bd. 1, Referat Nr. 124; bespr. in Rev. gén. Electr. Bd. 48(1940), Nr. 2, S. 93..94.

²⁾ *Vgl. Meyerhans, A.:* Neue Bauweisen bei Transformatoren und Drosselpulsen. Bull. SEV Bd. 35(1944), Nr. 22, S. 632..643.

0,6...0,75 mal den Durchmesser der Säule. Anderseits gestatten die Kerne mit Radialblechung die Ausführung der sogenannten Transformatoren mit Ringrückschluss. Dies sind Geräte des Manteltyps mit einer einzigen zylindrischen Säule, auf die sich die ringförmig angeordneten Rückschlüsse stützen. Ein solcher Transformator einphasigen Typs kann dank seiner zylindrischen Grundform in einem kreisrunden Kessel mit geringem Oelvolumen gesetzt werden. Der Preis dreier Transformatoren dieses Typs liegt nicht merklich über dem eines Dreiphasentransformators, währenddem bei den Einphasentransformatoren klassischer Bauart der Preiszuschlag bis 30 % erreichte. So stellt sich von neuem das Interesse an Einphasentransformatoren ein, wozu die Erleichterungen im Transport nicht wenig beitragen.

Auf dem Gebiet der Messwandler ist bei Spannungswandlern des Innenraumtyps ein Fortschritt durch die Verwendung von Druckluft (bis zu Spannungen von 60 kV) und durch die Konstruktion der Spannungswandler des Stützertyps (mit geringem Oelvolumen für höchste Spannungen verwendbar) erzielt worden. Die Innenisolation dieser Geräte besteht aus einer Hülle in Kabelform. Im Verhältnis zu den Transformatoren klassischer Bauart beträgt das Gewicht des Oels 27 %, das Oelvolumen 50 %, und die Messleistung 192 %.

Die Hochspannungs-Stromwandler vom Ringwicklungstyp sind vervollkommen worden, indem man mit ölgetränktem Papier isoliert und einen vormagnetisierten Ringkern verwendet, der die Messleistung erhöht.

Die radiale Anordnung der Bleche in den Kernen ermöglicht günstige Bauweisen von stufenlosen Reguliertransformatoren ohne beweglichen Kontakt und der Drosselpulen mit stetiger Regulierung durch veränderlichen Luftspalt ohne Wicklungsanzapfung. Im gleichen Sinn gestattet das Prinzip des Einphasentransformators mit radialen Blechen und ringförmigen Rückschlussjochen, mit seiner magnetisch kompensierten Bauart, die vorteilhafte Konstruktion der Spartransformatoren mit grosser Streuung für die Zusammenschaltung der Netze.

Der Verfasser führt als Beispiel für die erreichte Gewichtsverminderung die Dreiphasentransformatoren von 47 500 kVA des Kraftwerkes Innertkirchen an, die mit den 1928 erbauten Transformatoren von 26 000 kVA verglichen werden. Das Gewicht der neuen Geräte beträgt 75 % desjenigen der alten, und die spezifischen Verluste sind um 23 % herabgesetzt worden. Diese 150-kV-Transformatoren erhielten keine Hochspannungsklemmen, sondern einen direkten Anschluss für die dort endenden Hochspannungskabel.

Der Verfasser hebt zum Schluss die günstigen Möglichkeiten der Spreizflanschisolation für Kabelendverschlüsse und Hochspannungsdurchführungen hervor.

621.314.21.045

C. Bestimmung der Spannungsabfälle und der Verluste in den Transformatoren mit mehreren Wicklungen. Referat von A. Dispaux. Das Referat, Nr. 113 (Belgien), umfasst 16 Seiten Text mit 11 Figuren im Text.

Der Verfasser setzt eine vereinfachte Berechnungsmethode der Spannungsabfälle und der Verluste in den Transformatoren mit mehrfachen Wicklungen auseinander. Diese auf der Verwendung der klassischen Gleichungen der gekoppelten Stromkreise begründete Methode gestattet mit Hilfe gewisser definierter und in der Praxis sehr annehmbarer Annäherungen die Ableitung eines einfachen gleichwertigen Schemas, dessen Impedanzen durch die Kennwerte festgelegt sind, die aus einem Leerlaufversuch und Kurzschlussversuchen an den paarweise aneinander grenzenden Wicklungen gewonnen werden. Die Impedanzen können, wenn es sich um die Aufstellung eines Transformatorenprojekts handelt, durch die Rechnung vorherbestimmt werden.

621.314.21.048

D. Die in der Isolierung und dem Schutz der Leistungstransformatoren erzielten Fortschritte. Referat von P.-L. Bellaschi. Das Referat, Nr. 115 (Vereinigte Staaten von Amerika), umfasst 28 Seiten Text mit 13 Tabellen im Text.

Die Fortschritte, über die in diesem Referat berichtet wird, betreffen die Koordination der Isolationen der Transformierungs- und Schaltstellen, den Schutz gegen Blitzschläge, die Lebensdauer der Transformatoren bei Nennlast und bei zeitweiligen Ueberlastungen, die Verfahren für das Erhalten der Isolationen in gutem Zustand, und die Anwendung sehr hoher Spannungen.

Die Arbeiten der 1940 in den Vereinigten Staaten von Amerika für das Studium der Koordination der Isolationen ernannten Kommission haben zu einer Definition der Isolations-Basisniveaus für den Schutz der Schaltanlagen gegen die Stoßspannungen geführt. Diese Niveaus, ausgedrückt als Scheitelwert der einem normalen Stoss von der Form $1,5 \cdot 40 \mu\text{s}$ entsprechenden Spannungsstöße, sind die folgenden:

Spannungs-kategorie	Isolierungs-Grundniveau	Spannungs-kategorie	Isolierungs-Grundniveau
kV	kV	kV	kV
1,2	30	69	350
2,5	45	92	450
5,0	60	115	550
8,66	75	138	750
8,66	95	161	750
15	110	196	900
23	150	230	1050
34,5	200	287	1300
46	250	345	1550

Die Wahl dieser Basisniveaus hat zu einer Ueberprüfung der hauptsächlichsten amerikanischen Normen über die Transformier- und Schaltstellen, sowie Leitungen, namentlich vom Standpunkt der Durchschlagprüfungen aus, geführt. So entsprechen die Prüfspannungen für die Isolationskategorien gleich oder grösser als 15 kV im allgemeinen den in vorstehender Tabelle angegebenen Zahlenwerten.

Die in den Transformatornormen definierten Isolationsprüfversuche¹⁾ umfassen die Benützung zweier abgeschnittener Stosse und eines vollen Stosses. Die Spannungen der normalen Vollwelle sind für die Isolationskategorien von 15 kV und mehr identisch mit den Basisniveaus; in den niedrigeren Kategorien aber sind die Spannungen des normalen Stosses die des unmittelbar höheren Niveaus. Diesen Normalprüfversuchen hat man immer mehr Prüfversuche mit Stossen von steiler Front beigefügt, die jetzt zu der von den amerikanischen Baunormen empfohlenen Praxis gehören. Der Gütekontrollversuch der Transformatoren besteht darin, an jede Klemme zwei Spannungsimpulse mit steiler Front, gefolgt von zwei Impulsen bestehend aus normalen Stossen mit überlagerter Normalspannung des Transformators, zu legen.

Die in der Technik der Ueberspannungsableiter erzielten Fortschritte gehen aus den durch die jetzigen Regeln definierten Prüfversuchen hervor; so müssen die Ueberspannungsableiter für die Stationen bei den Proben imstande sein, eine Impulsentladung von 100 000 A bei einem Stoss von $50 \mu\text{s}$ Dauer und hintereinander 30 Impulse von 10 000 A bei einem Stoss von $20 \mu\text{s}$ Dauer abzuleiten; dabei wird die volle Nennspannung mit dem Impuls synchronisiert.

Die für die Schalter, Durchführungs- und Stützisolatoren genormten Prüfversuche sind auf derselben Grundlage aufgebaut wie die Prüfversuche für die Transformatoren.

Für den Schutz der Transformatorenstationen gegen Blitzschlag besteht das wirksamste Verfahren in der Verwendung der Ueberspannungsleiter; für Spannungen über 46 kV ausserdem in einem Freileitungs-Erddraht, der sich über eine Länge von 800 m von der Station weg erstreckt, wodurch die direkten Blitzschläge auf diese abgehalten werden.

Der Schutzgrad selbst wird durch Aufbau der Ueberspannungsableiter auf den Kessel der Transformatoren erhöht.

Die Verwendung thermischer Relais für die Regulierung der Belastung der Transformatoren je nach der Temperatur des Kupfers hat sich seit ungefähr zehn Jahren eingeführt. Diese Relais sind im Referat Nr. 127 beschrieben, und gestatten namentlich die Aufrechterhaltung bis zur Temperaturgrenze einer Uebertragung bei Notüberlast.

Um das Oel und die Isolation der Transformatoren vor den Wirkungen des Luftsauerstoffes und der Feuchtigkeit zu schützen, baut man vollständig geschweisste Kessel mit bei den Durchführungen abgedichteten Fugen. Bei Grossleistungstransformatoren verwendet man Stickstoff zur Bildung des über dem Oelbad stehenden Luftkissens, so dass in Transformatoren, die bei Ueberlastungen mit Temperaturen von nahezu 100 °C arbeiteten, keinerlei Schlammbildung im Innern der Kessel beobachtet werden konnte.

Vervollkommenungen haben sich auf verschiedene Punkte erstreckt: Konstruktion des Kessels aus Silizium-Stahlblech,

¹⁾ American Standards for transformers, regulators and reactors. C 57 — 1...C 57 — 3, 1942.

Verwendung der Silizium-Stahlbleche von hoher Permeabilität, Wahl von Kesselformen, die sich dem Umriss des Transformatoren anschmiegen, Kühlung durch erzwungene Ventilation und erzwungenen Oelumlauf.

534.837: 621.314.21

E. Die Emission von störenden Geräuschen durch Transformatoren und Reaktanzspulen. Referat von J.-S. Forrest. Das Referat, Nr. 129 (Grossbritannien), umfasst 16 Seiten Text mit 8 Figuren im Text.

Bei mit Wechselstrom gespeisten induktiven Apparaten mit Eisenkern wird unterschieden zwischen dem Brummen, verursacht durch Bewegungen der Konstruktionsteile des magnetischen Kreises unter der Einwirkung der Änderungen des Flusses, und dem Brummen, das durch Dimensionsänderung wegen der Magnetostraktion entsteht. Ein kräftiges Zusammenspannen der Kerne und der Wicklungen vermindert den Lärm der ersten Art; diese Verminderung ist aber begrenzt, wenn der Apparat Luftspalte enthält. Den von der Magnetostraktion herrührenden Lärm kann man nur durch die Verwendung von Materialien von niedriger Magnetostraktion und durch Schwächung der Induktion vermindern. Infolgedessen ist ein gewisser Lärm unvermeidlich; es besteht jedoch Anlass, die Herabsetzung der Lautstärke zu versuchen, besonders wenn es sich um Transformatoren handelt, die in Wohnquartieren aufgestellt werden. Diese Erwägungen haben zur Untersuchung des Lärmproblems auf Grund von an Ort und Stelle und in den Konstruktionswerkstätten ausgeführten Messungen geführt. Der Zweck dieser Messungen ist, sich zu vergewissern, dass die Transformatoren neuer Bauart mindestens ebenso geräuschlos arbeiten als die schon im Betrieb stehenden, und die Aufstellung von Sonderbestimmungen über die zulässigen Grenzen des Lärmniveaus je nach Verwendung.

Die ersten Lärmessungen waren rein subjektiv, und daher schwierig auszuführen. Erst 1937 wurde eine objektive Methode mit Hilfe eines piezoelektrischen Mikrofons in Verbindung mit einem Fünfröhrenverstärker und einem Schall-Leistungsmesser mit Gleichrichter angewendet. Dieses in Phon geeichte Gerät erlaubt die Messungen auf Entfernung. Bei einem Transformator stellt man mehrere Mikrophone in einem Abstand von 10...20 cm und auf 1,50 m über Boden rund um den Kessel und bestimmt das arithmetische Mittel der Ablesungen, wodurch der mittlere Oberflächenpegel des Transformatorlärmes definiert ist.

Der Verfasser teilt die Ergebnisse von Versuchen an einer grossen Zahl von mit Induktionen von 11 000 und 14 000 Gauss arbeitenden Transformatoren mit. Er hebt hervor, dass durch Verdoppelung der Belastung eines Transformatoren der Geräuschpegel um 3 Phon vermehrt wird, und dass eine Induktionserhöhung von 11 000 auf 14 000 Gauss den Lärm um 5 Phon verstärkt.

Durch Verbindung des Lärmessgerätes mit einem Kathodenstrahlzosillographen, der einen sinnoidalen Zeitmaßstab enthält, lässt sich bei 50 Hz die Form der Lärmwellen studieren. Wenn der Lärm vor allem magnetostruktiven Ursprungs ist, setzt er sich aus unteren Harmonischen der Ordnung 2 der Grundfrequenz des Netzes zusammen; für ein Netz von 50 Hz haben die Hauptkomponenten die Frequenzen 100 Hz, 200 Hz und 300 Hz. Wenn der Lärm vor allem magnetischen Ursprungs ist, ist die vorherrschende Frequenz 100 Hz.

Der Lärm schwankt mit der Spannung; so wächst für eine Erhöhung der Spannung um 10 % der mittlere Geräuschpegel um 3...5 Phon. Man kann im allgemeinen annehmen, dass sich der Geräuschpegel infolge von Schwankungen von $\pm 10\%$ der Normalspannung um 2 Phon erhöhen oder vermindern wird.

Die Hilfseinrichtungen (Induktionsspulen, Vorrichtungen zum Klemmenwechsel) können den Eigenlärm des Transformatoren um 4...5 Phon vermehren.

Man kann befriedigende Lärmessungen selten dort durchführen, wo der Lärm als lästig empfunden wird. In günstigen Fällen konnten Messungen in einer gewissen Entfernung von der Quelle vorgenommen werden. Dabei spielten jedoch unerwartete Lärmchwankungen mit, herrührend von der Reflexion der Schallwellen an Hindernissen, oder von Interferenzerscheinungen. Der Lärm nimmt angenähert mit dem Quadrat der Entfernung ab.

Ausser den erwähnten können besondere Vorsichtsmaßnahmen zur Verminderung des Lärms der Apparate mit magnetischem Kreis getroffen werden, z. B. Beseitigung der Teile mit einer Eigenfrequenz von 100, 200 und 300 Hz (für die Netze mit 50 Hz) in der Konstruktion, Montage der Geräte auf schallfreien Sockeln (Kork), Verwendung doppelwandiger oder von schallfreien Materialien umgebener Kessel, Einbau schallschluckender Sperren im Innern des Kessels, Aufstellen der Apparate in einer schallfreien Kammer.

621.314.21.017.71

F. Die Nennleistung der Transformatoren vom Standpunkt der Wärmewirkungen, mit besonderem Bezug auf das Wärmeabbild und auf die Temperaturindikatoren der Wicklungen. Referat von E.-T. Norris. Das Referat, Nr. 127 (Grossbritannien), umfasst 15 Seiten Text.

In einem Transformator mit Oelfüllung ist die mit der Sicherheit gegenüber den Wärmewirkungen vereinbare Nennleistung bestimmt durch die Temperatur des heißesten Punktes, der im allgemeinen im Innern der Wicklungen liegt. Eine exakte Kenntnis der Wärmeverhältnisse des Apparates erscheint also unbedingt nötig, um dessen wirtschaftliches und sicheres Funktionieren zu erreichen, und rechtfertigt die Verwendung von Vorrichtungen, von denen die wichtigste das Wärmeabbild ist. Die Temperatur t_p des heißesten Punktes ist gegeben durch die Formel

$$t_p = t + t_h + t_a$$

wo t die Erwärmung des Oels in seinem heißesten Teil, t_h die Erwärmung des heißesten Punktes der Wicklung über die Temperatur t , und t_a die Temperatur der Luft ist.

Die Erwärmung t hängt von den Gesamtverlusten des Transformatoren und der Abführung der Wärme im Kühl-system ab; sie folgt den Belastungsschwankungen wegen der bedeutenden Wärmekapazität des Apparates langsam (die thermische Zeitkonstante schwankt zwischen 2...6 Stunden). Anderseits hängt die Erwärmung t_h nur von den Verlusten im Kupfer ab, und folgt den Belastungsschwankungen rascher, denn die Wärmekapazität der Wicklungen ist ziemlich gering (die thermische Zeitkonstante schwankt zwischen 2...10 min). Unter diesen Verhältnissen wird eine kurzdauernde Belastung t_h ebenso sehr erhöhen wie eine Dauerbelastung gleichen Wertes, aber nur wenig Wirkung auf t haben, während Belastungen langer Dauer t und auf t_h beeinflussen. Der Einfluss von t und t_h auf die Temperatur des heißesten Punktes wird also für einen beliebigen Transformator ebenso gut von der Dauer wie von der Belastung abhängen, und die Messung der Temperatur des Oels mit dem Thermometer hat keinen Wert als Indikator für die mit der Sicherheit vereinbare Belastung.

Jedoch liegt, da die Grenztemperatur auf mehrere Arten erreicht werden kann, die Grenze der mit der Sicherheit vereinbaren Höchstbelastung für einen bestimmten Transformator nicht bei einem Einzelwert, sondern in einem weiten Wertebereich. Diese komplizierten Verhältnisse, welche den Einfluss der schwer zu bestimmenden Belastungsdauer erhöhen, zeigen die Schwierigkeit, eine zum Vergleich geeignete Normungsgrundlage zu definieren. Auf jeden Fall ist es nötig, die Belastung des Transformatoren, d. h. die Temperatur des heißesten Punktes, zu messen und zu registrieren, was durch die Wärmeabbild-Vorrichtung geschieht.

Ein solches Gerät umfasst zur Hauptsache ein Thermometer, dessen Kugel dort sitzt, wo das Öl am heißesten wird, und um welche eine Heizspule gewickelt ist, die vom Sekundärstrom eines auf dem Stromkreis des Haupttransformatoren montierten Stromwandlers durchlaufen wird. Die Anordnung ist derart, dass die Temperatur der Kugel um einen Wert gleich der Erwärmung der Wicklung erhöht wird, so dass das Thermometer schliesslich die Temperatur des heißesten Punktes misst. Das Gerät kann entweder in Form eines Alarmvorrichtungen oder Steuervorrichtungen des Kühl-systems betätigten Relais, oder eines Selbstschreibers gebaut werden. Die Wärmeabbild-Vorrichtung gestattet an den kleinen Transformatoren der Netze die Bestimmung der unter normalen Belastungsverhältnissen nicht ausgenützten Leistungsreserve; sie erlaubt auch, den Einfluss des Belastungsfaktors auf den Transformator zu schätzen. Durch die Einführung einer zusätzlichen Verzögerung im Funktionieren der Heizspule kann man es in gewissen Fällen, wo die Zulassung kurzdauernder Belastungen nötig ist, einrichten, dass die Angabe der Vorrichtung im Verhältnis zur wirklichen Tempe-

ratur des heißesten Punkts verzögert wird. Es ist hervorzuheben, dass, da die Zeitkonstante der Heizspule kleiner als diejenige der Wicklungen ist, diese Spule bei Kurzschluss am Haupttransformator durchbrennen kann; man hilft diesem Mangel durch Sättigung des die Spule speisenden Stromwandlers ab.

Bei einem Transformator mit doppelter Nennleistung, d. h. wahlweise mit natürlicher Kühlung, oder mit künstlicher Ventilation arbeitend, müssen zwei getrennte Wärmeabbild-Vorrichtungen vorgesehen werden.

Die erwähnten Vorrichtungen geben an, ob der Transformator mit Vollast arbeitet oder nicht, geben aber nicht den

Anteil der Sicherheits-Höchstlast an, den er tatsächlich erträgt. Dieser interessante Aufschluss wird, wenn man die thermisch mögliche Nennleistung des Transformators in ihrem vollen Wert ausnützen muss, von einem Sicherheitsbelastungsindikator gegeben, der in Funktion der Sicherheits-Höchstlast geeicht ist und in jedem Augenblick die thermische Resultante aller vorherigen Belastungsbedingungen zeigt, die irgend einen Einfluss auf den Wärmezustand des Transformators in diesem Augenblick gehabt haben. Man erhält so die mit der Sicherheit vereinbare, verfügbare Belastungsspanne.

(Fortsetzung folgt)

Wirtschaftliche Mitteilungen — Communications de nature économique

Ausgleichsabgabe für Elektrokesselenergie

621.181.646

In der vergangenen Sommersession genehmigten die eidgenössischen Räte den Bundesratsbeschluss über eine Ausgleichsabgabe auf Elektrokesselenergie, nachdem die nationalrätliche Vollmachtenkommission als vorberatende Instanz mit kleiner Mehrheit dessen Ablehnung beantragt hatte.

Nach dem neuen Beschluss hat jeder Besitzer eines Elektrokessels mit einer Anschlussleistung von mindestens 250 kW eine Ausgleichsgebühr von 0,065 Rp. pro verbrauchte kWh zu bezahlen. Diese Gebühr, welche in ähnlicher Form bei den Verbrauchern von Kohle (Fr. 5.— pro Tonne) und von Heizöl (Fr. 6,50 pro Tonne) erhoben wird, dient zur Abtragung eines ungedeckten Kredites von 116 Millionen Franken, der Deutschland seit dem Sommer 1943 gewährt wurde. Damals verlangte Deutschland für die der Schweiz gelieferte Kohle eine massive Preiserhöhung, die der Bundesrat dadurch komensierte, dass er Deutschland einen Kredit von 90 Franken pro Tonne gelieferter Kohle einräumte.

Man rechnet, dass die Ausgleichsgebühr auf allen drei Energieträgern den ungedeckten Kredit in 12...14 Jahren amortisieren wird.

Energiewirtschaft der SBB im 1. Quartal 1947

620.9:621.33(494)

In den Monaten Januar, Februar und März 1947 erzeugten die Kraftwerke der SBB 105,6 GWh (1. Quartal des Vorjahrs: 129 GWh), wovon 63 % in den Speicher- und 37 % in den Flusswerken. Ueberdies wurden 93,6 GWh Einphasenenergie bezogen, nämlich 27,6 GWh vom Etzelwerk, 20,7 GWh vom Kraftwerk Rapperswil-Auenstein und 45,3 GWh von anderen Kraftwerken. Als Ueberschussenergie wurden 3,1 GWh anderen Unternehmungen abgegeben. Die Energieabgabe ab bahneigenen und bahnfremden Kraftwerken für den Betrieb betrug rund 196 GWh (201). Der Minderverbrauch von rund 5 GWh gegenüber dem 1. Quartal 1946 ist auf die infolge Energieknappheit getroffenen Massnahmen zurückzuführen.

Miscellanea

Persönliches und Firmen

(Mitteilungen aus dem Leserkreis sind stets erwünscht)

Sektion für Kraft und Wärme des KIAA. Nationalrat Robert Grimm hat seinen Rücktritt als Chef der Sektion für Kraft und Wärme erklärt. Die Agenturmeldung sagt, dass die Sektion in voller Liquidierung begriffen sei; sie weise zur Zeit noch einen Bestand von 13 Arbeitskräften auf.

Licht A.-G., Goldau. Ad. Nägeli jun., Mitglied des SEV seit 1947, wurde zum Prokuristen ernannt.

Suhner & Co., Herisau. E. Züst und F. Schweizer wurden zu Prokuristen ernannt.

Die Frescomatic A.-G., Kühlschrankfabrik, Zürich, hat Aktiven und Passiven der Kollektivgesellschaft Baratella & Schaffner übernommen. Direktor B. Zimmermann führt Einzelunterschrift, A. Baratella und C. Schaffner führen Kollektivunterschrift.

Kleine Mitteilungen

Die Hundertjahrfeier der Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège (AILg). Wir haben bereits auf den Kongress hingewiesen, den die AILg zur Feier ihres hundertjährigen Bestehens im August und September 1947 in Lüttich durchführt¹⁾. Während des Kongresses, der vom 30. August bis 14. September 1947 stattfindet, veranstaltet die AILg eine gross angelegte Ausstellung über industrielle Ma-

terialprüfung (contrôle industriel), die vom 2. August bis 28. September 1947 geöffnet ist.

Am Kongress, der den Titel «Passé, Présent et Avenir de notre Industrie» trägt, werden rund 700 Berichte aus allen Gebieten der Technik vorgelegt. Ein ausführliches Verzeichnis dieser Berichte ist soeben erschienen. Ueber die Ausstellung gaben die Veranstalter eine sehr schön illustrierte Broschüre heraus.

Interessenten können das Programm des Kongresses, das Verzeichnis der Berichte und die Broschüre über die Ausstellung zur Einsicht beziehen beim Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8. Für Auskünfte wende man sich direkt an die Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège, 12, Quai Paul van Hoegaerden, Liège (Belgien).

Création en France, de l'Union Technique de l'Électricité. La nationalisation de l'électricité a eu pour conséquence la dissolution du Syndicat professionnel des Producteurs et Distributeurs d'Énergie électrique. De ce fait, l'Union technique des Syndicats de l'Électricité (USE) ne pouvait plus subsister sous sa forme ancienne. Pour que son œuvre soit poursuivie dans les mêmes conditions que par le passé, une association, portant le titre d'*Union Technique de l'Électricité* (UTE) et placé sous le régime de la loi de 1901, vient d'être créée.

Au sein de ce groupement, les représentants de la production et de la distribution de l'énergie électrique continueront, comme précédemment à l'Union technique des Syndicats de l'Électricité, à rapprocher leurs points de vue sur les questions techniques avec les représentants de la construction du matériel électrique, de l'entreprise et de l'installation.

¹⁾ siehe Bull. SEV Bd. 38(1947), Nr. 4, S. 104.