

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 39 (1948)  
**Heft:** 8  
  
**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. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 03.04.2025

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

sicherheit lässt ein Zuwarten mit dem Abschluss von Verträgen ratsam erscheinen. Man will beispielsweise einem Lizenznehmer nicht vorgreifen, indem man heute schon Muster und Preise abgibt oder gar Lieferungen macht.

Viele Leute in Europa sind vielleicht erstaunt, dass die Umstellung auf die Friedensproduktion so lange Zeit dauern soll. Bei uns waren Bürger im Wehrkleid an den Grenzen; Ingenieure und Arbeiter blieben durch häufige Ablösung geistig im zivilen Beruf. In den USA brachte erst der Sieg über Japan den Beginn der Demobilisierung. Millionen Soldaten hatten ihre Stellen aufgegeben und kamen erst nach Jahren aus fernen Kontinenten zurück. Sie wollten zuerst erzählen, Versäumtes nachholen und brauchten eine gewisse Zeit, um sich an das vielleicht kompliziertere zivile Leben zu gewöhnen, bevor an ein regelmässiges, produktives Arbeiten zu denken war. Grosse Fabriken hatten 1941 ganze Hallen ausgeräumt, Maschinen für Waffenproduktion aufgestellt und frische Leute eingearbeitet.

Nach dem Waffenstillstand begannen sie mit der Umstellung auf die frühere oder eine andere Erzeugung mit neuen Maschinen, auf welche man oft lange warten musste. Eine Reihe schwerer Arbeitskonflikte lähmte wichtige Teile der Wirtschaft, wodurch die letzten Vorräte an Rohstoffen und Halbfabrikaten aufgebraucht wurden. Darum ist «der Weg zurück» in den USA so lang.

Nach und nach wird der zurückgestellte Bedarf nachgeholt sein und werden die USA zum Export typisierter elektrotechnischer Maschinen und Apparate übergehen, wie dies heute schon mit den Autos geschieht. Dann wird auch beim Isoliermaterial der Wettbewerb um das Beste und Preiswerteste wieder einsetzen. Auf diese kommende Auseinandersetzung mit friedlichen Mitteln gilt es, uns durch Spezialisierung, Forschung und Gestaltung eigener Ideen zu stärken.

Adresse des Autors:

H. Tschudi, Delegierter des Verwaltungsrates der H. Weidmann A.-G., Rapperswil (SG).

## CIGRE

### Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension

#### 11. Session, Paris 1946

[Fortsetzung von Bd. 39(1948), Nr. 1, S. 15]

621.3 : 621.3

#### 3. Sektion:

#### Betrieb, Zusammenschaltung und Schutz der Netze

#### Gruppe 30: Koordination der Isolationen

621.316.93 : 621.31.048  
**A. Die Koordination der Isolationen in einigen 150-kV-Schaltstationen in den Niederlanden.** Referat von G. De Zoeten. Das Referat, Nr. 306 (Niederlande), umfasst 14 Seiten Text mit 7 Figuren im Text.

Der Verfasser setzt sich mit der Koordination zwischen den Schutzfunkenstrecken und der Isolation in einigen 150-kV-Anlagen auseinander, die von einem Netz versorgt werden, das mit Petersen-Löschspulen versehen ist. Die Funkenstrecken waren waagrecht angeordnet, was das Abreißen des Lichtbogens begünstigt. Die Apparate der Anlage trugen die eine Elektrode der Funkenstrecke, während die Erdelektrode an der Mauer des Gebäudes angebracht war.

Die üblichen Funkenstrecken sind aber auf die Polarität der Stoßspannung empfindlich. Diese Abhängigkeit ist um so grösser, je kürzer die geerdete Elektrode ist. Da aber bei einer Schutzfunkenstrecke die Unabhängigkeit von der Polarität oft erwünscht ist, wurde ein Typ konstruiert, der diese Bedingung erfüllt und sogar eine Regulierung der Polaritätswirkung ermöglicht. Bei diesem Gerät besteht die im normalen Betriebsfall an der Spannung liegende Elektrode aus einer Halbkugel, die auf einem horizontalen Stab montiert ist, und einem etwas zurückgestaffelten Schutzring, dessen Achse mit der Stabachse zusammenfällt. Die geerdete Elektrode ist ein einfacher waagrecht Stab. Diese Vorrichtung bietet dem Ueberschlagfunken verschiedene Wege, welche für die positive und die negative Polarität ungleich lang sind. Ist die unter Spannung stehende Elektrode positiv geladen, so geht die Entladung vom Ring zum geerdeten Stab; für die umgekehrte Polarität geht sie vom Stab zur Halbkugel. Durch Aenderung des Abstandes zwischen Halbkugel und Ring, kann man den Charakter der Funkenstrecke in ganz bestimmten Grenzen ändern und die Gleichheit der Ueberschlagspannungen bei positiver und negativer Polarität erhalten.

Bei der Einstellung der Funkenstrecke muss die Ueberschlagspannung so festgelegt werden, dass ein günstiger Kompromiss zwischen wirksamem Schutz der Isolation und Ver-

meidung zu häufigen Ansprechens durch kleinere Ueberspannungen erreicht wird. Verfügt man über Stossfestigkeitsangaben der Isolation der zu schützenden Anlage, so kann man die Funkenstrecke derart einstellen, dass die Ueberschlagspannung z. B. 85 % der Stoßspannungsfestigkeit des schwächsten Einzelteils entspricht.

Bei Anlagen, bei denen die Stoßspannungsfestigkeit der verschiedenen Geräte nicht bekannt ist, kann man sich nach folgenden Erwägungen richten: Der grösstmögliche Abstand in freier Luft tritt für eine gegebene Ueberschlagspannung dann auf, wenn die negative Elektrode der Funkenstrecke eine Platte und die positive Elektrode eine Spitze ist. Die Stoss-Zündspannung (in kV) ist für grössere Abstände gleich 0,525 mal dem Abstand der Elektroden in mm. Durch Bestimmung des minimalen Abstandes zwischen den unter Spannung stehenden und den geerdeten Teilen der Anlage und durch Ermittlung der entsprechenden Stoßzündspannung für die Form Spitze—Platte findet man einen geeigneten Wert für die mutmassliche Ueberschlagspannung der Anlage, während der wirkliche Wert über diesem Mindestwert liegt. Man kann so den Mindestwert der Stoss-Zündspannung der Stützisolatoren, Durchführungen usw. mit befriedigender Sicherheit bestimmen.

Zum Schluss zeigt der Verfasser die Notwendigkeit einer Koordination der Isolation zwischen den Polleitern und zwischen Polleitern und Erde.

621.316.93 : 621.31.048  
**B. Untersuchung einiger Fragen der Isolationsabstufung bei Hochspannungsanlagen.** Referat von W. Wanger. Das Referat, Nr. 316 (Schweiz), umfasst 18 Seiten Text mit 3 Figuren und 2 Tabellen im Text.

Unter Koordination der Isolationen versteht man die Gesamtheit der in elektrischen Anlagen zu treffenden Massnahmen, um die durch Ueberspannungen verursachten Durchschläge von Isolationen zu vermeiden und die durch atmosphärische Ueberspannungen bedingten unvermeidlichen Ueberschläge nach solchen Punkten hinzuleiten, wo sie die geringsten Schäden und soweit möglich keine Betriebsunterbrüche bewirken. Solche besondere Punkte sind in erster Linie Ueberspannungsableiter, die bei Ueberspannung eine vorübergehende Erdung des betroffenen Polleiters ohne Kurzschluss desselben hervorrufen. Dort wo dieser Schutz versagt, muss dafür gesorgt werden, dass der Ueberschlag

ausserhalb der Anlage erfolgt, damit die Schäden möglichst gering sind. Dies führt dazu, drei verschiedene Isolationsniveaux vorzusehen. Das höchste Isolationsniveau sollen alle Isolationen im Inneren der Maschinen und Apparate aufweisen (grösste Durchschlagsfestigkeit), das mittlere Isolationsniveau ist für die freiliegenden Anlagen und das unterste für die Ueberspannungsableiter vorzusehen.

Eines der wichtigsten Erfordernisse für eine richtige Abstufung der Isolationen ist die Kenntnis der Streuung der Ueberschlagstoßspannung für die verschiedenen Ueberschlagstrecken in Luft. Die zu diesem Zweck in acht Laboratorien ausgeführten Versuche wurden mit genormten Stabfunkenstrecken und mit Spannungsstößen 1/50 nach drei Methoden durchgeführt.

Die Resultate zeigten, dass bei Ueberschlagstrecken in Luft die Streuung der Ueberschlagstoßspannung so gross ist, dass die absolut sichere Abstufung der Isolationen einer elektrischen Anlage praktisch nicht möglich ist. Das Uebereinandergreifen der Streugebiete der verschiedenen Isolationsniveaux ist unvermeidlich. Die Versuche zeigten jedoch ebenfalls, dass selbst bei einem beträchtlichen Uebergreifen der Streugebiete nur eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für einen Ueberschlag im falschen Isolationsniveau besteht.

Die Streuung der Messresultate ist ungefähr die gleiche, ob die Versuche für eine gegebene Ueberschlagstrecke in verschiedenen Laboratorien, oder in demselben Laboratorium zu verschiedenen Zeiten durchgeführt werden. Dagegen wird die Streuung viel geringer, wenn man zwei Messfunkenstrecken gleicher Konstruktion und mit gleichem Ueberschlagabstand in demselben Laboratorium zu fast gleicher Zeit misst. Darum ist es vorteilhaft, das mittlere und das obere Isolationsniveau eines elektrischen Gerätes durch gleichzeitige Stossversuche zu messen und festzulegen.

Die Versuche führten zur Erkenntnis, dass die Isolatoren der Hochspannungsgeräte mit Vorteil mit Hörnern zu versehen sind, die einen Ueberschlag zur Erde einleiten, bevor Durchschläge der inneren festen oder flüssigen Isolationen oder Ueberschläge zwischen Polleitern oder über offene Schaltkontakte auftreten.

**C. Fortschritte im Unterhalt von Hochspannungsisolationsniveaux.** Referat von C. Doble. Das Referat, Nr. 332 (USA), umfasst 10 Seiten Text mit 2 Figuren im Text.

Die Wechselstrommessung der dielektrischen Verluste und des Leistungsfaktors der Isolationen von im Betrieb stehenden Hochspannungsapparaten ist in den USA zu einer allgemein üblichen, periodisch durchzuführenden Kontrolle geworden. Die in einem früheren Bericht<sup>1)</sup> an der CIGRE-Session des Jahres 1935 behandelten Prüfmethode wurden weiter entwickelt, neue Messapparate konstruiert und Prüfungsprogramme zur periodischen Kontrolle im Betrieb stehender Hochspannungsanlagen ausgearbeitet.

Das Konstruktionsprinzip der Isolationsabstufung in elektrischen Anlagen, das sich in den USA durchwegs eingeführt hat, verlangt, dass die vorausbestimmten Isolationsfestigkeiten ständig kontrolliert werden.

**D. Wahl des Isolationsgrades und Koordination der Isolationen in Hochspannungsanlagen.** Referat von A. T. Vrethem. Das Referat, Nr. 333 (Schweden), umfasst 20 Seiten Text mit 4 Tabellen im Text.

In diesem Referat werden die Grundsätze dargelegt, auf welchen die 1944 in Schweden unter dem Zeichen *SEN 30 — 1944* amtlich genehmigten allgemeinen Regeln für die Normung der Isolation aufgebaut sind. Es umfasst sieben Kapitel, mit folgenden Titeln: 1. Allgemeines, 2. Definition der Isolationsgrade und Prüfspannung für verschiedene Isolationsniveaux, 3. Normalwerte der Isolationsniveaux und Wahl des Isolationsniveaux für eine gegebene Betriebsspannung, 4. Koordination der Einzelteile, 5. Isolationsniveau und Prüfspannung, 6. Ausnahmebestimmungen, 7. Vergleich mit Normungen und Praxis anderer Länder.

Die schwedischen Regeln für die Isolation setzen Normalwerte der Isolationsniveaux fest, welche «Isolationsklassen» benannt werden, und fast ausnahmslos auf alle Hochspan-

nungsgeräte anwendbar sind. Ausserdem enthalten diese Regeln Vorschriften und Empfehlungen, welche sich auf die Wahl der Isolationsniveaux und die Koordination der Isolationen beim Bau elektrischer Anlagen beziehen.

Hinsichtlich der Ueberspannungen unterscheiden die Regeln zwischen geschützt gelegenen und exponierten Anlagen. Die Anlagen der zweiten Art verlangen besonders aufmerksam verfolgt zu werden, so dass sich das Referat nur auf die Vorschriften für diese Anlagen beschränkt. In diesen Vorschriften werden die Isolationsniveaux durch bestimmte Stoßspannungsfestigkeiten gekennzeichnet.

Die Koordination der Isolationen der verschiedenen Apparatetypen beschränkt sich in den Normen auf die Koordination zwischen den Ueberspannungsschutzgeräten (Ueberspannungsableitern) und allen anderen Isolationen. Die Empfehlungen für die Wahl der Isolationsniveaux nach den Betriebsspannungen sind so verfasst, dass ein praktisch genügender Schutz gegen atmosphärische Störungen mit Ueberspannungsableitern moderner Bauart möglich ist.

**E. Betrachtungen über die Koordination der Isolationen in elektrischen Anlagen.** Referat von A. Dalla Verde. Das Referat, Nr. 345 (Italien), umfasst 14 Seiten Text mit 1 Figur und 3 Tabellen im Text.

Im ersten Teil des Referates gibt der Verfasser die Definitionen gewisser Grössen an, die bei der Koordination der Isolationen eine Rolle spielen: Betriebsspannung, Nennspannung, Isolationsniveau usw.

Die Koordination der Isolationen erfordert vor allem die Vereinheitlichung der Isolationen aller Maschinen- und Apparatetypen für jede Anlage. Bei der Festlegung der Kennwerte und der Abmessungen der Isolierteile kann man nach zwei Prinzipien vorgehen. Das eine, das amerikanische Prinzip, berücksichtigt nur die atmosphärischen Ueberspannungen, und die Isolationsniveaux werden unabhängig von den Betriebsspannungen festgelegt. Die europäische Methode berücksichtigt die inneren Ueberspannungen, so dass die Isolationsniveaux zu den Betriebsspannungen in einem gewissen Verhältnis stehen. Damit ist jeder Einzelteil durch seine Nennspannung und sein Isolationsniveau gekennzeichnet.

Im zweiten Teil des Referates wird dargelegt, dass die Isolation der verschiedenen Teile einer Anlage nicht nur nach deren Nennspannung, sondern auch nach dem Isolationsgrad beurteilt werden muss. Man unterscheidet bei jedem Isolationsgrad drei Isolationsniveaux: 1. das unterste Niveau, das durch die Restspannung der Ueberspannungsableiter (Höchstspannung an den Klemmen während der Entladung) gegeben ist; 2. das mittlere Niveau oder Grundniveau, das durch die Stoss-Ueberschlagsspannungen der äusseren Isolationsteile der Apparate bestimmt und durch Funkenstrecken festgelegt ist; 3. das oberste Niveau, das durch die Stoss-Ueberschlagspannungen der Isolationsteile im Inneren der Apparate definiert ist.

Die Intervalle zwischen diesen drei Niveaux müssen genügend gross sein, damit trotz den beträchtlichen Streuungen der Ueberschlagspannungen keine Ueberschläge in den nicht erwünschten Isolationsstufen vorkommen.

Die Isolierteile müssen die verlangten Ueberspannungen bei Industriefrequenz und bei mittleren Frequenzen aushalten. Die Prüfspannung bei Industriefrequenz wird nach dem für die Anlage vorgesehenen Isolationsgrad gewählt.

### Gruppe 31:

#### Koordination der Erwärmungsgrenzwerte

**A. Technische und wirtschaftliche Möglichkeiten der ständigen Ueberwachung der Erwärmungen der einzelnen Teile elektrischer Anlagen.** Referat von M. Poma. Das Referat, Nr. 311 (Belgien), umfasst 7 Seiten Text.

Unmittelbar nach dem Krieg stieg die Nachfrage nach elektrischer Energie in Belgien sehr stark an. Diesem Verlangen konnte nur durch eine aufs höchste getriebene Ausnutzung der verfügbaren Anlagen entsprochen werden, denn die Zeit- und Materialknappheit schlossen eine Verstärkung der Anlagen durch neue Generatorseinheiten aus. Da die Leistungssteigerung aber nicht auf Kosten der Lebensdauer des Materials erreicht werden durfte, musste die zulässige

<sup>1)</sup> Doble, C.: La méthode des pertes en watts et du facteur de puissance dans la conservation de l'isolement. CIGRE 1935, Bd. III, Referat Nr. 261

Belastung der Maschinen und Verteilnetze neu untersucht werden. Es wurde die zulässige Dauer der Wärmebeanspruchung bestimmt, und es wurden die nötigen Regeln zur Messung der von den Leitern im Betrieb erreichten Temperaturen aufgestellt, damit die den thermischen Höchstbeanspruchungen entsprechenden Erwärmungen niemals überschritten, oder während genau festgelegter Zeitspannen in bestimmten Grenzen gehalten würden.

Bei den belgischen Netzen sind die Fernleitungen von geringerer Länge, so dass die Spannungsabfälle klein sind und die übertragbare Leistung bloss durch die zulässige Erwärmung der Leiter bestimmt ist. Die maximal zulässige Leitertemperatur wurde auf 75 °C festgesetzt, so dass sich die folgenden Maximalströme ergeben:

Seilquerschnitt	54 mm <sup>2</sup>	105 mm <sup>2</sup>
Normalbetrieb . . . . .	250 A	400 A
Notbetrieb . . . . .	300 A	450 A

Der Verfasser glaubt, dass man bei Transformatoren, bei angereicherter Lebensdauer von 25 Jahren, folgende Temperaturen für den heissesten Punkt zulassen kann:

Im Dauerbetrieb . . . . .	95 °C
Während 8 h (innerhalb einem Betriebstag von 24 h)	105 °C
Während 2 h (innerhalb einem Betriebstag von 24 h)	110 °C
Nie zu überschreitende Höchstgrenze . . . . .	125 °C

Bei Transformatoren mit natürlicher Kühlung erhält man durch die während 24 h zulässigen Belastungserhöhungen eine Leistungssteigerung von ungefähr 10 %. Bei zusätzlicher Kühlung mit zerstäubtem Wasser oder erzwungener Ventilation kann je nach Konstruktion eine Leistungssteigerung von 30...45 % erreicht werden.

621.311.1.017.71

**B. Ueberlastungsfähigkeit, Erwärmungsverhältnisse und rationeller Betrieb grosser elektrischer Netze.** Referat von R. Langlois-Berthelot und M. Laborde. Das Referat, Nr. 330 (Frankreich), umfasst 19 Seiten Text.

Jede eingehende Untersuchung eines Netzes muss auch die Erwärmungsverhältnisse aller einzelnen Teile enthalten. Nur auf diese Weise kann die maximal mögliche Uebertragungsleistung jedes Netzteils genau bestimmt und die Wirkung erkannt werden, die eine gegebene Belastungskurve auf die Alterung und schliessliche Zerstörung der Einzelteile hat. Es dürfen dem im Betrieb stehenden Material also nur Beanspruchungen zugemutet werden, deren Auswirkungen zulässig bleiben. Daher müssen: 1. die Eigenschaften jedes einzelnen Netztes untersucht werden; 2. das Verhalten der gemeinsam arbeitenden Einzelteile untersucht, d. h. die Koordination ihrer Kennwerte hergestellt werden, und zwar für Normalbetrieb und im Fall von Störungen; 3. die für die praktische Anwendung der erkannten Grundsätze geeigneten Bestimmungen und Regeln aufgestellt werden.

Die Verfasser unterstreichen die Wichtigkeit, dass Konstrukteure und Betriebsleiter den Begriff der Lebensdauer der verschiedenen Material-Kategorien und die Gesetze des Alterns unter den tatsächlichen Betriebsverhältnissen genau festlegen. Dem Betriebsleiter muss es möglich sein, die augenblicklichen Temperaturverhältnisse zu kontrollieren. Die allgemeine Einführung der Temperaturmessungen und die Verwendung geeigneter Erwärmungsnachbildungen für schwer zugängliche Apparateile sind anzustreben. Für den Schutz der vermaschten Netze kann an einen Temperatur-Selektivschutz gedacht werden, bei dem die Ansprechverzögerung der Relais um so grösser ist, je tiefer die Temperatur des betreffenden einzelnen Netztes unter der kritischen Temperatur liegt.

**Gruppe 32: Erdung des Nullpunkts**

621.316.935

**A. Das Problem der Erdung des Nullpunkts.** Referat von E. Evard. Das Referat, Nr. 312 (Belgien), umfasst 4 Seiten Text mit 1 Tabelle im Text.

Dieses Referat legt die Schlussfolgerungen einer Untersuchung über die Erdung des Nullpunkts dar<sup>2)</sup>, die den Mitgliedern des «Cercle d'Etudes de Charleroi» zur Aufgabe gestellt wurde. Die Schlussfolgerungen sind:

1. Die direkte Erdung des Nullpunkts ist angezeigt für Kabel- und Freileitungsnetze mit doppelter Leitungsführung und für Freileitungsnetze mit einfachen Leitungen von 70 kV oder höheren Spannungen.

2. Die Erdung des Nullpunkts über eine Drosselspule ist in den bedeutenden Kabelnetzen von 0...45 kV zu empfehlen, sofern die Gestehungskosten nicht zu hoch und die Ueberstromstärken nicht gefährlich sind. Für 10...45-kV-Freileitungsnetze mit doppelter Leitungsführung kommen Drosselspulen nur dann in Frage, wenn sie wirtschaftlicher sind als Löschspulen.

3. Die Erdung des Nullpunkts über eine Löschspule ist in Freileitungsnetzen von 10...70 kV (einfache Leitungen) verwendbar, wie auch in nicht vermaschten 10...15-kV-Kabelnetzen (einfache Kabel), bei denen der kapazitive Strom 20...300 A beträgt.

621.316.99

**B. Bemerkungen zur Erdung von Hochspannungsanlagen.** Referat von G. H. Couvreur. Das Referat, Nr. 314 (Belgien), umfasst 15 Seiten Text mit 1 Figur im Text.

Die Erdungsweise elektrischer Anlagen ist für die Sicherheit des Personals von grosser Bedeutung. Hier tritt die «Schrittspannung», der Potentialunterschied zwischen zwei um 0,75 m voneinander entfernten Punkten der Bodenoberfläche, als charakteristische Grösse auf. Diese Spannung wird durch Vorschriften festgelegt und schwankt in den verschiedenen Ländern zwischen 125...150 V.

Der Widerstand einer Erdelektrode ist definiert durch den Quotienten der Spannung zwischen der vergrabenen Elektrode und einem Punkt des Erdbodens mit der praktischen Stromdichte Null zur Stärke des von der Elektrode in den Boden abgeleiteten Stroms. Durch Verminderung dieses Widerstands und des Stroms kann also die Schrittspannung herabgesetzt werden.

Die verschiedenen Erdelektrodentypen sind Platten, vergrabene Leiter, Pfähle und Erdnetze (Verbindung von Leitern und Pfählen).

Die Erfahrung zeigt, dass der Erdwiderstand einer quadratischen Platte nicht weiter abnimmt, wenn ihre Seite grösser als 1 m wird. Da der Erdwiderstand einer Platte umgekehrt proportional der Quadratwurzel ihrer Fläche ist, ist es vorteilhafter, zwei parallelgeschaltete Platten von 50 × 50 cm im Abstand von 2...3 m voneinander verlegt zu verwenden, als eine einzige Platte von 1 m<sup>2</sup> Fläche.

Da der Strom in der Platte durch den Rand abgeleitet wird, bleibt der Mittelteil inaktiv; man kann daher die Platte durch einen Rahmen ersetzen, womit die Wirksamkeit der Gitter oder Roste mit grosser Kantenzahl erklärt werden kann. Bei Erdungen mit mehreren Elektroden müssen die Platten oder Gitter tief vergraben, 3...4 m auseinander liegen und senkrecht gestellt sein, damit sich die Erde auf den Seitenflächen besser absetzen kann.

In gewöhnlichem, leicht feuchtem Boden wurden mit Plattenelektroden von 1 × 1 m Seitenlänge folgende Erdwiderstände gemessen:

1 Platte (galvanisiertes Blech von 3 mm Dicke)	10 Ω
2 Platten, parallel geschaltet	5,6 Ω
11 Platten, parallel geschaltet	0,4 Ω

Erdseile, die dort verwendet werden, wo nur eine dünne Erdschicht zur Verfügung steht, werden so angeordnet, dass sie von der Erdungsstelle aus radial abstrahlen. Es werden meistens Kupferseile von 50 mm<sup>2</sup> Querschnitt, Kupferbänder 35 × 3 mm, oder galvanisch verzinkte Flacheisen 50 × 6 mm verwendet.

Die Pfähle bestehen aus galvanisch verzinkten Rohren, vollen Stangen, oder Profileisen. Ihr Erdungswiderstand nimmt nicht mehr ab, wenn der Durchmesser auf über 40 mm, und die Länge auf über 3 m vergrössert werden. Der Widerstand parallel geschalteter Erdpfähle nimmt bis zu einem gegenseitigen Abstand der Pfähle von 3 m stark ab; von etwa 3 m an ist diese Abnahme weniger gross.

Ein Pfahl von 2,5 m Länge und 25...30 mm Durchmesser kann eine Leistung von 5...20 kW ableiten, d. h. 17...36 A bei einem Erdwiderstand von 15 Ω (wie eine Platte von 1 m<sup>2</sup> Fläche und 3 mm Dicke).

<sup>2)</sup> Cercle d'Etudes de Charleroi: Le problème de la mise à terre du neutre. Charleroi.

Die Vielelektroden-Erdnetze stellen die wirksamsten Erdungen dar. Die Leiter sind 1 m tief (vor Frost geschützt) vergraben. Sie bestehen aus Seilen von 50...70 mm<sup>2</sup> Querschnitt oder aus Kupferbändern 35 × 3 mm. An den Kreuzungsstellen der Leiter werden Pfähle eingesetzt. Die Verbindungen werden mit Klemmstücken oder durch Schweissung hergestellt.

Der spezifische Widerstand des Bodens nimmt bei Temperaturen unter 0 °C und bei einem Feuchtigkeitsgrad von unter 15 % sehr rasch zu. Die Leiter sind deshalb in feuchtem Boden und in solcher Tiefe zu vergraben, dass sie vor Winterfrösten geschützt sind.

Der Widerstand einer Erdelektrode schwankt je nach der Stromart, namentlich bei Ueberspannungen oder Ueberspannungsschössen, denn eine Erdelektrode lässt sich einem durch eine Kapazität parallel geschalteten nichtlinearen Widerstand gleichsetzen. Der Leitwert des Bodens wächst mit der Spannung.

Der Querschnitt der Erdleiter muss nach dem Maximalwert des Erdungsstroms der Anlage bestimmt werden, welcher von der Art der Erdung des Nullpunkts abhängt. Wenn man für Kupferleiter eine adiabatische Erwärmung um 100 °C durch einen Strom von 1 A während der Zeit von  $t$  s (die durch die Verzögerung der Relais bestimmt ist) voraussetzt, so ist der Mindestquerschnitt  $S$  in mm<sup>2</sup>:

$$S = 0,008 \sqrt{t}$$

Der Verfasser prüft die Gesichtspunkte für die Wahl des geeigneten Erdelektrodentyps in den verschiedenen Fällen der Praxis. Er glaubt, dass für Grossanlagen mit sehr hoher Spannung das maschenbildende Erdnetz unbedingt nötig ist, und dass in den Anlagen mit geerdetem Transformatoren-Nullpunkt auf getrennte Erdungen zu verzichten ist. Bei gemeinsamer Erdelektrode schliesst sich nämlich der Strom, der beim Ueberschlag eines Isolators entsteht, über einen metallisch geschlossenen Kreis, während er im anderen Fall den Weg durch den Boden nimmt. Nun aber schaffen gerade die in den Boden abgeleiteten Ströme die Gefahren. Bei Freileitungen kann das Erdseil gleichzeitig die Verbindung zwischen den Erdelektroden der Masten und derjenigen des Nullpunkts herstellen.

621.316.935.1

**C. Betrieb der mit Löschspulen ausgerüsteten Hochspannungsnetze mit Spannungen bis 220 kV.** Referat von A. T. Vrethem. Das Referat, Nr. 321 (Schweden), umfasst 31 Seiten Text mit 10 Figuren und 6 Tabellen im Text.

Gegenstand des Referats sind die Betriebsergebnisse bei Verwendung von Petersen-Spulen auf mehreren schwedischen Netzen von 22...132 kV Spannung und auf dem schwedischen 220-kV-Netz, das eine Leitungslänge von 2312 km aufweist.

Die schwedischen 22- und 44-kV-Netze enthalten meistens nur eine einzige Löschspule (Petersen-Spule), welche am Nullpunkt des das Netz speisenden Transformators angeschlossen und mit Anzapfstellen versehen ist, womit die Abstimmung der Spule mit den in Betrieb stehenden Leitungen ermöglicht wird. Die Spule ist mit einer 110-V-Sekundärwicklung ausgerüstet, die der Relaispeisung dient. Durch einen automatisch betätigten Schalter kann der Löschspule ein Widerstand parallel geschaltet werden. Dies geschieht sobald ausnahmsweise ein Erdschluss auftritt, der länger als 1...2 s dauert. Ueber diesen Widerstand werden die Erdschlussrelais gespeisen.

Die Betriebsstatistik der Jahre 1943...1945 für sechs radial ausgebaute Netze mit einer Gesamtlänge von 1800 km ergab das folgende Ergebnis: Von sämtlichen eingetretenen Störungen werden bei 54 % der Fälle ein Unterbruch des Betriebes durch die richtige Funktion der Petersen-Spulen vermieden; betrachtet man aber nur die vorübergehenden Störungen einpoliger Erdschlüsse (kurzzeitige), so ergeben sich 90 %. Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich die Petersen-Spulen und die automatische ultraschnelle Wiedereinschaltung gegenseitig wirksam ergänzen.

Besondere Probleme treten auf, wenn Petersen-Spulen in grossen Netzen mit sehr hoher Spannung benützt werden. Es ist zu berücksichtigen, dass der Strom, den diese Spulen

zum Ausgleich der Kapazität des betreffenden Leitungsschnittes gegen Erde benötigen, weitgehend von der Lage der Spulen im Netz, der Leistung der Transformatoren und deren Schaltung abhängt. Der Restwirkstrom, der durch das Abfließen der in Leitung und Erde nach der Abschaltung vorhandenen Ladung bedingt ist, kann durch die Petersen-Spule nicht kompensiert werden und vermindert das Löschvermögen derselben. Der zur Löschung des Ueberschlaglichtbogens erforderliche Strom und der Reststrom nehmen um so mehr ab, je besser die Gesamtleistung der Löschspulen auf das Netz verteilt ist. So ist es bei einer Leitung von grosser Länge vorteilhaft, zwei Spulen von gleicher Leistung zu benützen, die an jedem Ende der Leitung angeschlossen werden. Diese Schlussfolgerungen wurden durch Versuche bestätigt, über die der Verfasser ausführlich berichtet.

In den Netzen hoher Spannung und grosser Ausdehnung sind die durch die Kapazität zwischen den Leitungen und dem Boden verursachten Ausgleichsströme in der Spule hoch, so dass selbst geringe Kapazitätsschwankungen Restblindströme erzeugen, die für das Löschvermögen der Spulen nachteilig sind. Daher muss die Abstimmung der Spulen regulierbar sein. Die Kapazitätsschwankungen sind einerseits jahreszeitliche Schwankungen, welche durch die Aenderungen des Durchgangs der Leiter, den Zustand des Pflanzenwuchses, die Wasserführungsverhältnisse der unterirdischen Wasserläufe usw. verursacht werden, und andererseits Schwankungen, die in den Veränderungen des Netzes durch Schaltungen liegen. Die Abstimmung der Spulen muss also regelmässig nachgeprüft werden.

Bei der Bestimmung des Ortes, wo die Petersen-Spulen in den Grossnetzen einzusetzen sind, müssen diejenigen Ueberspannungen berücksichtigt werden, welche bei der Erdung eines Polleiters in den nicht betroffenen Polleitern auftreten. Die diesbezüglichen Untersuchungen haben zu folgenden Schlüssen geführt:

1. Bei direktem Erdschluss kann die Spannung zwischen den nicht betroffenen Polleitern in der Nähe der Fehlerstelle die verkettete Netzspannung nur dann überschreiten, wenn die Kapazität zwischen Leitungen und Erde unterkompensiert ist; anders ausgedrückt: wenn der Nennstrom der Löschspulen zu schwach im Verhältnis zum Aufladestrom der Leitung ist.

2. Die Spannung zwischen den nicht betroffenen Polleitern nimmt nach denjenigen Stellen des Netzes hin zu, von denen der Kapazitätsstrom zur Fehlerstelle fliesst. Im allgemeinen tritt die maximale Ueberspannung nicht an der Fehlerstelle auf.

3. Die Ueberspannung nimmt im gleichen Masse zu, wie die Kurzschlussleistung an der Fehlerstelle abnimmt und die Unterkompensation grösser wird.

4. Wenn der Uebergangswiderstand an der Fehlerstelle einen grösseren Wert hat, nimmt die Spannung zwischen den nicht betroffenen Polleitern noch mehr zu.

5. Die Löschleistung der Petersen-Spulen in den grossen Netzen ist vor allem durch den Absolutwert des Reststroms bestimmt. Die Grenzwerte des Reststroms, die sich aus Versuchen an einem 77-kV-Netz ergaben, sind 15 A für die Lichtbogenlöschung in einer Innenraum-Schaltanlage und 25...30 A für eine solche an einer Isolatorenkette. In Wirklichkeit kann die Löschung der Lichtbögen bei viel höheren Restströmen stattfinden. Z. B. auf dem schwedischen 220-kV-Netz beträgt die Wahrscheinlichkeit der Lichtbogenlöschung durch die Löschspulen 100 %, wenn der Reststrom ungefähr 120 A nicht überschreitet, und etwa 40 % für einen Reststrom von 200 A.

6. Die Verwendung von Petersen-Spulen von einer Gesamtleistung von ungefähr 250 000 kVA hat auf dem schwedischen 220-kV-Netz (gesamte Leitungslänge 2312 km) günstige Resultate ergeben.

### Gruppe 33: Selektivschutz

621.316.925

**A. Betriebssicherheit im Netz der Wasserkraftwerke der Saguenay in Kanada mit 1,5 Millionen kW Leistung.** Referat von F. L. Lawton. Das Referat, Nr. 304 (Kanada), umfasst 28 Seiten Text, mit 5 Figuren und 6 Tabellen im Text.

Der aus dem St. John-See in der Provinz Quebec (Kanada) kommende Saguenayfluss hat ein Einzugsgebiet von 77 700 km<sup>2</sup>. Die Speichermöglichkeiten in diesem Gebiet betragen 11 330 Millionen m<sup>3</sup>. Die mittlere Wasserführung beläuft sich auf 1473 m<sup>3</sup>/s. Das Wasser der Saguenay wird in zwei grossen Kraftwerken ausgenützt, die eine Gesamtleistung von 1,5 Millionen kW aufweisen und die ein Netz, das grösstenteils mit einer Spannung von 154 kV und 60 Hz betrieben wird, beliefern.

Mit Rücksicht auf die beträchtlichen Leistungen wurden besondere Massnahmen getroffen, um die möglichen Kurzschlussströme auf die maximalen Abschaltleistungen der modernen Leistungsschalter zu begrenzen. Diese Abschaltleistungen betragen 2500 MVA für das 154-kV-Netz und 1500 MVA für die Anlagen, die mit 13,2 kV betrieben werden. Auf der Transformatorstation Arvida, etwa 20 km vom Werk von Shippaw entfernt, wurden 154-kV-Sammelschienen vorgesehen, die in drei Abschnitte unterteilt und die durch drei Transformatorgruppen von 154/13,2 kV und 90 000 kVA auf verschiedene Art zusammengeschaltet werden können.

Ferner ist das Netz in einzelne Abschnitte unterteilt worden, die selbständig betrieben werden können und die trotzdem die Wasserkraft unter den besten Betriebsbedingungen ausnützen.

In den 42 Transformatorgruppen für 154 kV, die das Netz des Saguenay umfasst, liegt der Nullpunkt unmittelbar an Erde, und die Isolation der Hochspannungswicklungen ist zwischen dem Nullpunkt und den Ausgangsklemmen abgestuft. In der Unterstation Arvida ist zwar der Nullpunkt der Transformatoren isoliert, die Spannung zwischen diesem Punkt und Erde darf aber 34,5 kV nicht überschreiten.

Das sorgfältig durchdachte Projekt hat es ermöglicht, die Zahl der Leistungsschalter auf 0,8 pro Leitungsende herabzusetzen. Auch liess sich eine sehr weitgehende Normung der Transformatorgruppen erreichen.

Die sehr hohe und örtlich konzentrierte Belastung, von der ein bedeutender Teil (745 000 kW) aus Quecksilberdampfgleichrichtern besteht, bot keine besonderen Schwierigkeiten.

Die Sicherung der Anlagen durch Schutzrelais wurde nach den modernsten Erkenntnissen ausgebaut. Die Generatoren wurden mit Differentialschutz ausgerüstet. Weitere Anlage-teile sind gegen Ueberstrom, Ueberspannung, Spannungszusammenbruch, Energierückfluss usw. gesichert. Teilweise wurden besonders schnell reagierende Relais verwendet.

Die Leistung der Kraftwerke wurde noch erhöht, indem bei den Wechselstromgeneratoren die Erwärmung des Kupfers der Ständerwicklungen bis zu einer Temperatur von 100 °C bei Lüftung in offenem Kreislauf, und von 75 °C bei Lüftung in geschlossenem Kreislauf zugelassen wurde; die Isolationen entsprachen den Vorschriften der Klasse B.

**B. Schnelleselektivschutz für Hochspannungs-Transformatorstationen und Mittelspannungs-Schaltstationen.** Referat von C. Ramelot. Das Referat Nr. 309 (Belgien), umfasst 12 Seiten Text mit 6 Figuren im Text.

Das einfachste und zurzeit am meisten verwendete Selektivschutzsystem für Mittelspannungsnetze ist das Maximalstromsystem mit gestaffelten Verzögerungen. Im Referat werden diejenigen Systeme behandelt, bei denen die Verzögerungszeiten festgelegt sind. Zur Auslösung dienen Maximalstromrelais, welche in vielen Fällen aus einem einfachen offenen magnetischen Ring bestehen, der den Polleiter umfasst. Uebersteigt der Strom in diesem Polleiter einen gewissen Grenzwert, so wird ein Anker angezogen, der den magnetischen Ring schliesst. Die Differenzen in den gewählten Ansprechzeiten der einzelnen Relais des Selektivsystems müssen so gross sein, dass die zufälligen Fehler der Verzögerungsrelais reichlich gedeckt sind, insbesondere die Ansprechverzögerungen, die nach längerem Ruhen der Relais anscheinend ziemlich gross werden. Praktisch wird diese Differenz mindestens 0,7 s betragen müssen, und dies wird auch nur dann erreicht, wenn Relais gleicher Konstruktion und exakter Bauweise verwendet werden.

Der Verfasser schildert die versuchsweise Ausführung eines elektromagnetischen Verriegelungssystems mit Schnellauslösung, bei welchem die Summierung der unerwünschten Verzögerungen vermieden wird. Die Schaltung erlaubt nur eine gewisse zwangsläufige Ansprechfolge der Relais. Auf diese Weise sind weniger hohe Ansprüche an die Gleichheit sämtlicher verwendeter Relais erforderlich.

Die vorgeschlagene Schaltung kann auch zur schnellen automatischen Wiedereinschaltung von Leitungen in Störungsfällen verwendet werden.

Im zweiten Teil des Referats werden Anwendungsbeispiele des Verriegelungssystems behandelt, die die Vorzüge dieser Methode des Selektivschutzes darlegen.

621.316.9 : 621.315.1

**C. Neuere Entwicklungen des Schutzes für Hochspannungsfreileitungen.** Referat von H. Leyburn und C. H. Lackey. Das Referat, Nr. 338 (Grossbritannien), umfasst 26 Seiten Text mit 21 Figuren im Text.

Die Verfasser behandeln zunächst Prinzip und Funktionsweise einer neuen Schutzvorrichtung gegen Störungen auf Fernübertragungs- oder Verteilfreileitungen. Diese Vorrichtung, die «Telephase» benannt ist, spielt dieselbe Rolle wie das System Merz-Price, d. h. sie erlaubt festzustellen, ob es sich um eine Störung äusseren oder inneren Ursprungs handelt. Der Unterschied zwischen diesen beiden Systemen besteht zur Hauptsache darin, dass beim Telephase-System ausschliesslich die Phasenverschiebung der Ströme an den beiden Enden der zu schützenden Leitung verglichen werden, wobei die Steuerdrähte des Systems Merz-Price durch eine Trägerstromübermittlung ersetzt sind.

Tritt eine Störung auf der Leitung ein, so werden von der Kontrollstation aus nach beiden Enden der Leitung modulierte Trägerstromsignale ausgesandt, und zwar je ein Signal auf jede Halbwellenlänge. Durch Vergleich der Phasenlage der wieder empfangenen und gleichgerichteten Signale kann festgelegt werden, ob sich der Fehler innerhalb oder ausserhalb der kontrollierten Leitung befindet.

Diese Vorrichtung hat den Vorteil, keine Spannungswandler und Richtrelais zu benötigen.

Im zweiten Teil des Referats beschreiben die Verfasser eine Schutzvorrichtung, bei der Distanzrelais verwendet werden, und die sich dort anwenden lässt, wo die augenblickliche Behebung der Störung nicht auf der ganzen Länge der zu schützenden Leitung nötig ist und wo die Vorrichtungen nach dem Trägerstromsystem nicht verwendbar sind (z. B. sehr lange Erdkabel). Es handelt sich hier um ein Zeit-Distanz-System. Die Verzögerung ist eine Funktion der Entfernung der Störung. In diesem System werden Distanzrelais vom Impedanztyp und Blindwiderstandsrelais verwendet.

621.316.9 : 621.316.35

**D. Störungsschutz für Sammelschienen.** Referat von G. W. B. Mitchell. Das Referat, Nr. 340 (Grossbritannien), umfasst 15 Seiten Text mit 2 Figuren im Text.

Der Schutz eines Sammelschienen-Systems kann auf die drei folgenden Arten erreicht werden: 1. Durch Vergleich der gesamten ein- und austretenden Energie. 2. Durch direkte Ermittlung der Isolationsfehler gegen Masse (Stromverluste über die Montagerahmen). 3. Durch Verwendung von Distanzschutzrelais.

Das erste Schutzsystem ist das empfehlenswerteste, da es stets einwandfrei funktioniert, sofern geeignete Stromwandler, Relais und Nebenleitungen verwendet werden. Die zweite Methode bildet eine scheinbar einfache Lösung, die aber in der praktischen Anwendung auf Schwierigkeiten stösst, sobald eventuelle äussere Störungen auf das Sammelschienen-system einwirken.

Die dritte Schutzart ist der zweiten vorzuziehen; sie erfordert aber eine sorgfältige Disposition, denn das richtige Funktionieren der Distanzschutzrelais hängt von zwei Vektoren ab, die sich je nach der Lage des Fehlers zugleich der Phase und der Grösse nach ändern. Ihre Anwendung ist für den Schutz der Sammelschienen an bereits bestehenden Leistungsschaltern angezeigt, wo die ungenügende Güte der Stromwandler die Benützung der ersten Schutzart nicht zulässt.

Die Schnelligkeit, mit der die Sammelschienenschutzvorrichtungen funktionieren sollen, muss einer solchen Ausschaltzeit entsprechen, dass bei einem Ueberschlag kein Brand entstehen kann und die Schiene, an der der Fehler auftritt, abgeschaltet wird, bevor die anderen Schutzgeräte des Netzes ansprechen können.

Der Schutz der Sammelschienen erstreckt sich natürlich nur auf Störungen gegenüber Erde, denn der Schutz gegen Störungen zwischen den Polleitern würde wegen der Kompliziertheit keinen wesentlichen wirtschaftlichen Vorteil bringen. Uebrigens sind die einzelnen Polleiter in den grossen Innenraum-Schaltstationen sehr gut voneinander isoliert, und in den Freiluftanlagen weisen diese Leiter meistens einen so grossen Abstand voneinander auf, dass Störungen äusserst unwahrscheinlich werden.

Der letzte Teil des Referates ist der Beschreibung einer Schutzvorrichtung an einem doppelten Sammelschienensystem gewidmet.

621.314.224.08 : 621.316.9

**E. Stromwandler für Schutzvorrichtungen.** Referat von J. G. Wellings. Das Referat, Nr. 342 (Grossbritannien), umfasst 13 Seiten mit 6 Figuren im Text.

Die Stromwandler zur Speisung von Messgeräten sollen nur im Bereich der normalen Belastung genaue Uebersetzungskennlinien besitzen. Das Uebersetzungsverhältnis soll mit steigender Belastung abnehmen. Dagegen brauchen Stromwandler für Schutzvorrichtungen bei Nennlast nur mittelmässige Genauigkeit aufzuweisen. Sie sollen hingegen eine gute Genauigkeit bei starken Belastungen haben. Deshalb dringt die Erkenntnis immer mehr durch, dass für diese beiden Aufgaben getrennte Wandler zu verwenden sind.

Bei Sicherungssystemen mit Maximalstromrelais muss die Ansprechverzögerung der Relais meistens umgekehrt proportional der Stromstärke sein. Es muss hier verlangt werden, dass die Stromwandler auch bei einer Ueberlastung vom 20fachen Wert der Vollast eine hinreichende Genauigkeit besitzen. Nur wenn das Uebersetzungsverhältnis gleich bleibt, können die Relais richtig ansprechen, so dass die von der Fehlerstelle entfernten Netzteile nicht unnötigerweise abgeschaltet werden.

Bei den Schutzsystemen, bei denen der Strom jedes Polleiters am Anfang und Ende der Schutzzone kontrolliert wird, kann es vorkommen, dass auch ohne Störung innerhalb der geschützten Zone im Sekundärkreis der Stromwandler ein Ausgleichstrom auftritt, was ein unerwünschtes Ansprechen der auf diesem Stromkreis der Wandler parallel geschalteten Schutzrelais herbeiführt. Dieser Ausgleichstrom kann

dauernd oder nur kurzzeitig auftreten. Der dauernde Ausgleichstrom tritt dann auf, wenn durch einen hohen Primärstrom die Kerne der beiden Stromwandler einer starken Induktionswirkung ausgesetzt werden und wenn die magnetischen Kennwerte des Eisens der beiden Kerne gewisse Unterschiede aufweisen. Diese Unterschiede können entweder durch Verringerung der Sekundärbelastung herabgesetzt werden, oder durch Anpassung der Belastung, z. B. indem die Relais über tertiäre Wicklungen der Wandler gespiesen werden. Die kurzzeitigen Ausgleichströme treten dann auf, wenn der Primärstrom, als Folge äusserer Störungen, plötzlich vom normalen Wert abweicht.

Zu Beginn dieser äusseren Störungen entsteht eine unsymmetrische Wellenform im Primärkreis, die durch eine Gleichstromkomponente bedingt ist. Diese bewirkt eine Abweichung der Uebersetzungskennlinien der Wandler, was einen Ausgleichstrom im Sekundärkreis hervorruft. Man hilft dem dadurch ab, dass man im Nebenschlusskreis der Relais einen Stabilisierungswiderstand vorsieht.

Sollen Transformatoren grosser Leistung gegen innere Störungen geschützt werden, so muss der Stromstoss, der beim Einschalten eines solchen Transformators entsteht, berücksichtigt werden. Diese Stromstösse verursachen eine vorübergehende Gleichgewichtsstörung der Schutzvorrichtung und dadurch ein unerwünschtes Ansprechen derselben, sofern die Relais nicht mit Verzögerung reagieren. Da man aber erkannt hat, dass eine solche Verzögerung andere Nachteile bringt, greift man in einem solchen Fall zu Spezialstromwandlern, deren magnetische Eigenschaften so beschaffen sind, dass die Gleichstromkomponente des Einschaltstroms im Primärkreis des Leistungstransformators nicht zur Auswirkung kommt. (Fortsetzung folgt.)

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Thermische und hydraulische Kraftwerke, Atomkraftwerke

621.311.2 : 621.499.4

In den Vereinigten Staaten von Amerika ist der Bedarf an elektrischer Energie in steter und starker Zunahme begriffen. Die Elektrizitätsunternehmungen und private Werke beabsichtigen, in der Zeitperiode von 1947 bis 1951 Dampfkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 15,5 Millionen kW und Wasserkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 2,5 Millionen kW zu erstellen. Insgesamt werden somit innerhalb 5 Jahren 18 Millionen kW Leistung neu installiert. Das ist das 7fache der in der Schweiz gegenwärtig verfügbaren Generatorenleistung. Unter der Annahme der heutigen Erstellungskosten von 450 Fr./kW für unsere Verhältnisse würden die Kostenaufwendungen für diese 18 Millionen kW Leistung ca. 8 Milliarden Franken betragen.

Die ausserordentlich intensive Entwicklung der thermischen und hydraulischen Kraftwerke in USA wäre nicht möglich, wenn die Verwertung der Atomenergie für die Erzeugung elektrischer Energie in kürzester Zeit als ausführbar erscheinen würde. Amerikanische Fachleute vertreten vielmehr die Ansicht, dass vorerst die Strahlungswirkung der Atomkraftwerke nach aussen, d. h. die medizinische Seite, weitgehend untersucht und abgeklärt werden müsse. Mit der industriellen Verwertung der Atomenergie könne erst in 20 bis 25 Jahren gerechnet werden.

Aus den in USA vorliegenden Verhältnissen heraus ergibt sich, dass die Erstellung neuer hydraulischer Anlagen in der Schweiz, Flusskraftwerke und Speicheranlagen, auf weite Sicht hin in keiner Weise durch die Atomkraftwerke beeinflusst wird<sup>1)</sup>. Zudem muss darauf hingewiesen werden, dass wir in der Beschaffung des Atombrennstoffes auf das Ausland angewiesen sind. My.

### Die deutschen Elektrizitätswerke im Kriege

[Nach John G. Noest: German Electrical Utilities in Wartime. Electr. Engng. Bd. 66(1947), Nr. 10, S. 949...957.]

621.311.0046(43)

Nachdem man sich auch in der Schweiz eingehend mit den Fragen über den möglichen Einfluss von Kriegshandlungen

<sup>1)</sup> siehe Winiger, A.: Atomenergie und Elektrizitätswirtschaft. Bull. SEV Bd. 38(1947), Nr. 21, S. 647...654.

gen auf die Anlagen der Elektrizitätsversorgung beschäftigt hat, dürften die nachfolgenden Ausführungen, welche eine Zusammenfassung der verschiedenen amtlichen amerikanischen Rapporte darstellen, von besonderem Interesse sein.

#### 1. Allgemeines und Organisation

Im Jahre 1935 wurde durch das «Energiewirtschaftsgesetz» dem Reichswirtschaftsministerium volle Machtbefugnis über die Elektrizitätsversorgung übertragen, welches durch seine «Reichsgruppe Energiewirtschaft» in die Betriebsverhältnisse eingriff und den Bau von Kuppelleitungen und die Ausbauleistungen der Kraftwerke bestimmte. Mit Ausbruch des Krieges wurde auch die Stelle eines Reichslastverteilers geschaffen, welcher seinerseits das Gebiet von Grossdeutschland inklusive Oesterreich und Sudetenland in 12 (später 13) Bezirke unterteilte, die von einem Bezirkslastverteiler überwacht waren, welcher direkt mit den örtlichen Systemlastverteilern in Kontakt stand.

#### 2. Leistungsfähigkeit und Ausbau

Es ist nicht sehr einfach, eine genaue Aufstellung über die Leistungsfähigkeit der deutschen Kraftwerke zu geben, da fortwährend Gebietsveränderungen und auch Verstaatlichungen früherer Privatbetriebe stattfanden. Immerhin wurde festgestellt, dass in den Jahren 1937...1942 ein jährlicher Zuwachs von 543 MW stattfand, welcher auch den Zuwachs durch den Anschluss von Oesterreich und Sudetenland einschliesst. An Neuanlagen dürften ca. 400 MW pro Jahr erstellt worden sein. Das entspricht ca. 4,83 %. Der Zuwachs 1942...1943 war beträchtlich höher und betrug 800 MW oder 6,75 %. Dieser Wert entsprach dem beschleunigten Bau verschiedener Wasserkraftanlagen (Schluchseewerk usw.) und früher begonnener Dampfkraftwerke. Diese entstanden zum grössten Teil im mittleren Deutschland als Folge der Umsiedlung der Industrie aus den stark gefährdeten Bezirken des Ruhrgebietes.

Schon 1941 erkannte man, dass die Kraftwerke überlastet sein würden und arbeitete daher Pläne aus, um 10 vollständig identische Kraftwerke von je 300 MW Leistung zu erstellen. Trotzdem diese eine hohe Vorzugsstellung in der Dringlichkeit erhielten, wurde bis Ende des Krieges kein einziges Kraftwerk auch nur teilweise in Betrieb genommen. Die