

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 69 (1978)

Heft: 24

Rubrik: Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE)

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: 13.01.2026

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

6. D. Clerc: Verbesserung der Qualität durch Analyse von Fehlern

Die Ausfallrate elektronischer Komponenten ist durch die bekannte «Badewannenkurve» charakterisiert. Das Ziel der Fehleranalyse von Komponenten (hier: integrierte Schaltungen) soll sein, durch korrigierende Massnahmen in der Herstellung die Frühfälle zu reduzieren und die Lebensdauer zu vergrössern. Mit der vorgeschlagenen Methode:

- elektrische Kontrolle und Analyse der fehlerhaften Parameter
- Vergleich der gemeldeten und gemessenen Fehler
- Öffnung des Elements
- mikroskopische Untersuchung des Fehlers
- Verbesserungsvorschlag

ist es gelungen, wesentliche Verbesserungen der Ausfallrate zu erzielen. Dies wurde an fünf ausgewählten Beispielen gezeigt, bei denen einerseits durch konstruktive Massnahmen, verbesserte Kontrolle und Thermozyklen beim Fabrikanten und andererseits durch Zusammenarbeit mit dem Anwender bei Schaltkreisproblemen eine bemerkenswerte Reduktion der Ausfallrate erreicht werden konnte.

7. M. Vetter: Methoden zur Kontrolle von hoch-integrierten Schaltungen im Zusammenhang mit dem Einsatz von rechnergesteuerten Testsystemen

Mit der zunehmenden Komplexität der integrierten Schaltungen steigen die Anforderungen an die Systeme zur Prüfung dieser Komponenten. Für den Verbraucher von integrierten Schaltungen stellt sich die Frage nach der Universalität solcher Testeinrichtungen, da er ein ganzes Produktespektrum (Speicher, Mikroprozessoren, I/O-Bausteine usw.) in relativ kleinen Stückzahlen prüfen muss. Das Prüfen von Speichern (algorithmische Datenerzeugung) und Mikroprozessoren (gespeicherte Wahrheitstabelle) stellt aber unterschiedliche Anforderungen an ein Testsystem.

Die Betriebskosten solcher Systeme, die ca. 1 Mio Fr. kosten, liegen in der Höhe von ca. 0,25 Mio Fr. pro Jahr. Die Prüfkosten pro Bauelement können nur durch grosse Stückzahlen pro Typ und niedrige Programmierstellungskosten in vertretbaren Grenzen gehalten werden.

Man darf sich nicht der Illusion hingeben, dass eine Eingangskontrolle die Baugruppenprüfung ersetzen kann. Die Eingangskontrolle erhöht aber deren Wirkungsgrad, da die Kosten pro gefundenes defektes Bauelement bei der Eingangsprüfung wesentlich kleiner sind als bei der Baugruppenprüfung.

8. E. Müller: Zuverlässigkeit von Endprodukten, von professioneller Technik bis zur Raumfahrtstechnik

Dieser Vortrag begründete die wesentlichen Unterschiede in den Anforderungen bezüglich Qualität für verschiedene Anwendungen. Einige Entscheidungskriterien sind beispielsweise:

- die Gebrauchshäufigkeit des Produktes (kurzzeitig bis 24 h/Tag)
- die Umgebungsbedingungen
- die Folgen einer oder mehrerer Pannen
- die Fähigkeiten des Betriebspersonals
- die Möglichkeiten der vorbeugenden Wartung

Als typisches Beispiel für unterschiedliche Anforderungen und Kosten wurden erwähnt: der Bordrechner eines Kampfflugzeuges im Vergleich zum Steuerrechner für die Einspritzung beim Automotor. Bei beiden Anwendungen muss jedoch die Zuverlässigkeit noch keine Extremwerte erreichen. Dies verhält sich bei Satelliten der Raumfahrt und bei Tiefseekabel-Verstärkern völlig anders. Hier können weder Wartung noch Reparaturen ausgeführt werden, und es müssen ausserordentliche (teuerste) Methoden in der Fabrikation und Kontrolle zur Erreichung der Zuverlässigkeit angewandt werden. Diese Methoden wurden erläutert.

9. J. M. Girard: Beziehungen zwischen der Zuverlässigkeit, der Instandhaltung und der Qualitätskontrolle

Dieser Vortrag gab einen abrundenden Überblick über die ganze Tagung und beleuchtete die von den einzelnen Referenten geschilderten Probleme aus einem anderen Blickwinkel.

10. Diskussion

Aus der angeregten Diskussion seien drei repräsentative Fragen und Antworten aufgeführt:

- Die Qualität der Hardware ist heute recht gut definiert und steuerbar. Wie sieht es aber auf dem Gebiet der Software aus? – Die Qualitätsbegriffe für Software sind erst im Aufbau. Man befindet sich heute etwa dort, wo man bei der Hardware 1965 war!
- Gibt es in der Schweiz hergestellte Komponenten mit Gütekennzeichen? – Nein, erst in etwa 2...3 Jahren. Die CENELEC-Kontrollstelle ist in der Schweiz bereit, aber noch nicht anerkannt.
- Was sind die Kosten (oder der Aufwand) einer Analyse eines defekten IC? – Falls der Instrumentenpark vorhanden ist, beträgt der Aufwand etwa 2...5 h Laborarbeit.

J. von Ballmoos, Hasler AG, Bern

Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE)

27. Session vom 30. August bis 7. September 1978

Die Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension vom 30. August bis 7. September 1978 in Paris darf sowohl bezüglich Thematik als auch bezüglich Interesse als Erfolg bezeichnet werden. Mit mehr als 2300 Teilnehmern wurde ein neuer Rekord erzielt. Aus der Schweiz wurden 137 Kongressteilnehmer registriert; die effektive Teilnehmerzahl war jedoch grösser, da viele kurzfristig eingegangene Anmeldungen nicht mehr in die Teilnehmerliste aufgenommen werden konnten.

Die insgesamt 44 Sujets préférentiels wurden in 156 Rapports behandelt und anlässlich der Gruppentagungen der 15 Comités d'Etudes (CE) diskutiert. Das Schwergewicht lag auch an der diesjährigen CIGRE im 3. Sektor «Réseaux» (Planification, Exploitation – commande – réglage, Surtensions et coordination de l'isolement, Protection, Télétransmissions, Perturbations). In diesem Sektor wurden die Probleme im Bereich der Netzplanung und Netzführung in den CE31, Planification des réseaux, und 32, Exploitation, commande et réglage des réseaux, erstmals nach den vom Comité Technique und Conseil d'Administration neu festgelegten Richtlinien diskutiert. Die Tagung des neuen CE 41, Avenir des transports et des réseaux d'énergie, war der Diskussion von Fragen

im Zusammenhang mit der zukünftigen Rolle der Elektrizität in der Energieversorgung gewidmet.

Obwohl auch in Zukunft allgemein mit steigendem Elektrizitätsverbrauch gerechnet wird, lag der Akzent sowohl bei der Paneldiskussion zum Thema «Le transport de l'électricité au début du XXI^e siècle» anlässlich der Séance d'ouverture als auch bei den Gruppendiskussionen weniger auf Problemen im Zusammenhang mit der Wachstumssteigerung als auf Fragen der Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit. Zielsetzung der Elektrizitätsversorgungsunternehmen für die nächsten Jahre ist die bessere und sicherere Nutzung vorhandener und zusätzlich notwendiger Kapazitäten. Dabei divergieren die Akzente im Rahmen dieser Zielsetzung von Land zu Land, insbesondere aber zwischen den industrialisierten Ländern und den Entwicklungsländern zum Teil stark.

Einen Überblick über die Tagungen der einzelnen Comités d'Etudes geben die Berichte der Delegierten des Schweizerischen Nationalkomitees in diesen Gremien. Ausführliche Informationen über den Verlauf der Tagungen und die Arbeiten in den Comités d'Etudes enthält die ELECTRA, die Fachzeitschrift der CIGRE.

Statutengemäss traten der Präsident der CIGRE, Dr. G. Jancke (S), der Präsident des Comité Technique, Dr. H. Meyer (CH) und der Trésorier, O.S. Johansen (N) anlässlich der Generalversammlung zurück. Die Assemblée Générale wählte am 4. September die folgenden CIGRE-Mitglieder in den Conseil d'Administration (n = neu, e = Mitglied des Comité Exécutif):

K. Abegg, CH (n, e)	H. Meyer, CH
J. Aralla Pinto, P (n)	H. Nasko, D
F. Barozzi, I	H.B. Norman, SA
T.G. Baylin, E	V. Palva, SF
L. Cahill, CDN	L. Paris, I (n, e)
M. Couvreur, B (n)	C.A.O. Peixoto, BR (e)
P.G. Engström, S (e)	D. Popescu, R (n)
P.O. Geszti, H	S. Saba, J
R. Guck, D (e)	K.S. Smedsfelt, S
W.L. Hetherington, CDN	Y.N. Starshinov, SU (e)
J. Hurley, AUS	W.R. Tackaberry, USA
M. Jaczweski, PL	J. Tillinghast, USA (n, e)
O.S. Johansen, N	J.W.M. van Rooij, NL
J. Keller-Jacobsen, DK	C.V.J. Varma, IND
R. Koch, F (e)	M. Velasevic, YU (n)
W. Krautt, A	V. Vyskocil, CS (n)
D.R. Lomer, GB	W.P. Williams, GB (e)
M. Magnien, F (n)	N. Yamada, J
L.G. Mamikonians, SU	

Der Conseil d'administration wählte neu die Herren:

Dr. R. Guck, D, zum Präsidenten der CIGRE
L. Paris, I, zum Präsidenten des Comité Technique
W.P. Williams, GB, zum Trésorier
J. Keller-Jacobsen, DK, und W.R. Tackaberry, USA
bleiben weiterhin Mitglieder des Comité Technique.

Da auch in den nächsten Jahren mit einer relativ hohen Inflationsrate gerechnet werden muss, stimmte die Assemblée Générale einer Erhöhung der Mitgliederbeiträge von FF 750 auf FF 1200 für Kollektivmitglieder und von FF 90 auf FF 150 für Einzelmitglieder ab 1979 zu.

Das Schweizerische Nationalkomitee der CIGRE dankt allen Autoren für ihre Berichte zur diesjährigen CIGRE sowie allen Delegierten in den Comités d'Etudes und Teilnehmern an den Tagungen in Paris für ihre aktive Unterstützung. Besonderer Dank gebührt Herrn Dr. H. Meyer für seine Tätigkeit als Präsident des Comité Technique und sein stetes Bemühen, Zielsetzungen und Organisation der Comités d'Etudes dem Fortschritt und den damit zusammenhängenden Problemen auf dem Gebiet der elektrischen Energieversorgung anzupassen.

K. Abegg

magnetischen Teilen abgesogen. Das Ende der Blechpaketzähne ist am meisten von der Erwärmung betroffen. Der komplexe Aufbau des Stirnraumes gestattet keine direkte Berechnung des Flusses und der Wirbelströme. Mathematische Modelle sowie Messungen an Modellen und Maschinen sind nötig, um genügend Kenntnisse über die Vorgänge zu erhalten. Das Modell, im Bericht 11-01 vorgestellt, wurde meist als ungenügend betrachtet.

Der zulässige untererregte Bereich bei Turbogeneratoren wurde meist bei $\cos \varphi = 0,95$ untererregt begrenzt.

1.2 Konzeption grosser Turbogeneratoren

Bericht 11-03 beschreibt einen zweipoligen Generator 1200 MW. Die herausragenden Besonderheiten sind eine Statorwicklung, die in zwei um 30° elektrisch verschobene Wicklungen aufgeteilt ist, und Rotorkeile aus Titan. Geteilte Wicklungen sind nur sehr selten und soweit bekannt nie elektrisch verschoben ausgeführt worden.

1.3 Erregungssysteme

Bericht 11-04 stellt eine neue Art der Kompoundierung vor. Die Tatsache, dass die Wicklungen der Strom- und Spannungskompoundierung im Generator selbst untergebracht sind, stiess auf einige Kritik.

Eine Erregeranordnung mit rotierenden Dioden ist Gegenstand von Bericht 11-07. Diese Erregungsart hat sich ihren Platz neben der Erregung mit statischen Thyristoren gesichert, wobei jede ihre spezifischen Eigenheiten und Vorteile aufweisen kann. Die guten Erfahrungen mit Dioden hat zur Tendenz geführt, die Sicherungen wegzulassen. Dies ist, insbesondere bei Generatoren unter 100 MW, schon oft ohne Sicherungen mit guten Erfahrungen ausgeführt worden. Die Erregerströme grösserer Generatoren benötigen meist parallele Zweige der Diodenbrücke. Wegen der Stromverteilung wird hier nicht auf die Sicherungen verzichtet.

Asynchroner Lauf mit grösserem Schlupf gefährdet die Dioden.

2. Spitzenlasterzeugung

Täglicher Teillastbetrieb oder Abstellen betrifft mehr und mehr auch Maschinen grosser Leistung wie am Beispiel eines 960-MVA-Generators gezeigt wurde. Er wird im Mittel alle 30...35 h abgestellt.

Verschiedentlich wird die Zahl der Starts nach kurzer Abstellzeit mit 10000 während der Lebensdauer von 30 Jahren beziffert.

Als Inspektionsintervall wird allgemein 3...5 Jahre genannt. Dabei ist es unbedingt empfohlen, den Rotor zu ziehen, um auch die Statorwicklungsverteilung zu prüfen.

3. Grosse Eigenbedarfsmotoren

Bericht 11-02 macht darauf aufmerksam, dass bei Wiedereinschaltung nach einer Kurzschlussabschaltung die Wellenbeanspruchung insbesondere von Synchronmotoren hohe Werte annehmen kann. Die bisherigen Erfahrungen zeigen keine diesbezüglichen Schäden. Aber bei noch grösseren Motoren über 20 MW kann eine spezielle Rechnung, die den Motor, das Netz und die angetriebene Maschine berücksichtigt, empfehlenswert werden.

Die Empfehlungen für Bau und Schutz von Eigenbedarfsmotoren (Bericht 11-06) haben etwelche Einwände gefunden. Die Arbeitsgruppe 11-06 wurde beauftragt, ihre Empfehlungen zu überarbeiten. Grosse Betreiber erklärten, dass der Schutz auf das Minimum zu beschränken ist, um unnötige Auslösungen zu vermeiden.

Allgemeine Diskussion

Seit 2 Jahren wird ein Teil der freien Diskussion, nicht gebunden an die Sujets préférentiels, gewidmet. Dabei wurden sehr verschiedene Themen angeschnitten:

- Vollständige Wasserkühlung eines 800-MW-Generators
- Probleme von Überspannung zwischen den Erregerleitern von grossen Schenkelpolmaschinen bei abnormalen Betriebsbedingungen
- Material des Bremsbelages von Hydrogeneratoren
- Entwicklungsprogramme für supraleitende Generatoren in verschiedenen Ländern
- Spannungsregulierung bei Energietransport über grosse Distanzen
- ein Synchronmotor, der seine Erregerleistung aus den höheren Harmonischen bezieht.

R.-D. Kranz

Diskussionsgruppe 11, Machines Tournantes

Präsident: G. Ruelle/Frankreich
Rapporteur spécial: R.-D. Kranz/Schweiz

Zu den drei Vorzugsthemen wurden 7 Berichte eingereicht und gemäss den Fragen im Rapport Spécial 11-00 diskutiert.

1. Jüngere Entwicklung und Betriebserfahrungen grosser Generatoren und ihrer Erregungseinrichtung

Auf Grund der eingegangenen Berichte konnte dieser Komplex in 3 Teile gegliedert werden.

1.1 Erwärmung und Abschirmung der Stirnpartien des Statorblechpaketes

Etwa 5 prinzipiell unterschiedliche Lösungen wurden vorgestellt. Der axiale Streufluss wird entweder mittels Wirbelströmen in Platten aus Kupfer oder unmagnetischem Eisen abgeschirmt oder von

Präsident: B. Sollergrén/Schweden
Rapporteur spécial: M. R. Moore/USA

Nach dem Cigré-Rapport 12-00 wurden drei Hauptthemen behandelt:

1. Grosse Generator- und Netztransformatoren für gegenwärtige und zukünftige Netze (Charakteristiken, Auslegung, Prüfung, Transport, Betrieb, Belastung und Zuverlässigkeit).

Der erste Fragenkomplex befasste sich mit den Streuflüssen der Wicklungen und Schaltleitungen. Bei der «back-to-back»-Methode erfolgt eine betriebstreu Überlagerung der Haupt- und Streuflüsse, so dass die Erwärmungsprobleme in den massiven Metallteilen, den Magnetblechen und am Tank im Zuge von Werksprüfungen studiert bzw. gemessen werden können. Speziell ist hier die maximale Höhe und Dauer von Überlasten im Hinblick auf die Alterung der benachbarten Isoliermaterialien von grösstem Interesse. Die höchsten Temperaturen von Metallteilen im direkten Kontakt mit dem Transformatoröl wurden von den meisten Experten zwischen 130...140 °C angegeben.

Die Gasanalyse des Öles vor, während und nach dem Werks-Erwärmungslauf über 12 bis 24 h stellt eine wertvolle Ergänzung in der thermischen Gesamtbeurteilung dar. In der «Working Group 12-06» werden diese Themen detailliert behandelt, ein Bericht erscheint Ende 1979 in ELECTRA.

Überlastbedingungen sollten nach Höhe und Dauer in jedem Vertrag über Grosstransformatoren genau festgelegt werden; generelle Regeln würden zu Überdimensionierungen führen und wären daher sowohl technisch als auch wirtschaftlich nicht zu vertreten.

Der nächste Fragenteil wandte sich dem magnetischen Kreis zu und im speziellen den Erwärmungen durch Übererregung.

Erst über 1,9 T tritt eine Kernausstreuung in Höhe von ca. 1% im Maximalbereich der Flussdichte auf, wobei der Oberflächenanteil relativ gross ist. Örtliche Sättigungen der Randbleche bis 2,0 T sind bereits vom Streufluss der Wicklungsendzonen her bekannt; dazu ist die transversale Flussrichtung senkrecht zur Blechoberfläche wesentlich kritischer als die überwiegende Längsausstreuung des Eisenkernes. Kurzzeitige Übererregungen von etwa 25% während ca. 1 min bei Lastabwurf eines Maschinentransformatoren sind daher für entsprechende Konstruktionen kaum gefährlich.

Ein interessanter Hinweis erfolgte auf solar induzierte Erdströme in West-Ost-Richtung mit sehr tiefer Frequenz zufolge sogenannter «Magnetischer Stürme»; in Finnland konnten bei einem sterngeschalteten Transformator 96 A Nullpunktstrom gemessen werden, es sind jedoch, abhängig vom Erdwiderstand, auch Werte von einigen 100 A möglich.

Anschliessend wurden elektrostatische Aufladungen infolge der forcierten Ölströmung (OD-Kühlung) behandelt. Studien in Japan haben gezeigt, dass bei Höchstspannungstransformatoren mit grossen Isolationswiderständen die elektrischen Entladungserscheinungen bei vierfachem Normalwert der Ölgeschwindigkeit zunehmen.

Die letzten Fragen unter diesem Punkt wurden der Zuverlässigkeit von Transformatoren gewidmet; statistisch wird dieses Thema in der «Working Group 12-05» behandelt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Fehlerquoten aller 400-kV-Transformatoren eines Landes.

Transformatorart	Lastschalter	Fehlerrate	
		Ausfall 10...60 Tage	Ausfall über 100 Tage
Generator-Transformator	ohne	–	1,5 %
Auto-Transformator	ohne	2,4 %	2,4 %
	mit	5,5 %	3,5 %

Die Zuverlässigkeit von Generator-Transformatoren erscheint besonders wichtig, daher werden hier Schalter tunlichst vermieden. Extreme Überlasten setzen den Sicherheitsgrad und die Lebensdauer herab. Vor allem ältere Autotransformatoren mit grossen Regelbereichen verursachen hohe Fehlerquoten. Die moderne Tendenz

geht dahin, durch gute Netzkompensation diese Regelungen einzulegen oder sogar ganz zu vermeiden.

Die Wirtschaftlichkeit eines Reservetransformators steht im direkten Verhältnis zur Fehlerrate; bei 1,2% wird in den USA generell eine Reserveeinheit installiert, denn erst für 0,3% würde das Kostengleichgewicht erreicht. Grosse Anlagen mit Monophasen und Reservepol weisen den höchsten Grad an Zuverlässigkeit auf.

Zuletzt wurde wiederum das heisse Eisen des neuen Prüfverfahrens (Ersatz der 1-min-Probe durch einen tieferen Langzeittest bei Überwachung der Teilentladung) im Zusammenhang mit der Zuverlässigkeit angefasst. Während die Benutzer mehr die ökonomischen Aspekte diskutierten, kam von der Herstellerseite ein sehr wesentlicher Hinweis:

Zukünftige Transformatoren sollten nicht auf den neuen Test hin, sondern nach wie vor für den Betrieb dimensioniert werden, so dass ihr erprobter Zuverlässigkeitsgrad erhalten bleibt.

2. Prüfung der Isolationssysteme von Leistungstransformatoren, charakteristische Einflüsse flüssiger und fester Isolationen auf die Konstruktion bzw. den Betrieb

Inhibierte und nicht inhibierte Naphten-Öle wurden über Jahrzehnte mit Erfolg verwendet. Auch paraffinbasiertes Öl kann für Transformatoren benutzt werden, die derzeitigen Erfahrungen sind aber noch gering. Während die Wiederaufbereitung des Naphtenöles keine Schwierigkeiten bereitet, verbleiben noch offene Punkte bei Paraffinöl.

Eine etwas längere Debatte löste die Frage der Brand- und Explosionsgefahr durch das Öl aus; der Wunsch nach unbrennbaren Isolierflüssigkeiten bleibt. Die Häufigkeit von schwerwiegenden Unfällen war bisher allerdings sehr gering, Brandschutzeinrichtungen erhöhen die Sicherheit.

Feste Isolierstoffe müssen nicht nur gute Isoliereigenschaften besitzen, sie sind auch massgebend für die Kurzschlussfestigkeit der Transformatoren. Zur Erreichung einer hohen Formstabilität von Zellulose-Transformerboard im Betrieb wurde auf den günstigen Einfluss einer starken Vorverdichtung bis 100 kg/cm² beim ersten Trocknungsprozess hingewiesen.

Bezüglich der Gasausscheidung von Zellulose wurde festgestellt, dass die CO- und die CO₂-Menge bei neuen Transformatoren relativ gross ist und mit der Zeit geringer wird. Heisspunkte isolierter Teile produzieren mehr Gas als unisolierte. Wenn die Temperatur eines isolierten Leiters 220 °C überschreitet, steigt die Gasproduktion stark und behindert so gleichzeitig die weitere Wärmeabfuhr.

3. Fixe und variable Reaktoren oder Kompensationsdrosseln. Bauarten: Luftspaltkern- und Luftdrosseln

Die bisherigen Erfahrungen in bezug auf Zuverlässigkeit bei 275 kV und 400 kV sind gut. Zur Verlustmessung sollte von der teuren kalorimetrischen Methode Abstand genommen werden, da es heute schon sehr präzise Brückenmessungen gibt.

Die Amplituden sind für das Schwingungsverhalten weniger repräsentativ als die direkten Materialbeanspruchungen.

Mit geeigneten Kompensationsmethoden können Teilentladungsmessungen in Höhe von 1,3–1,4 U_{Ph} ausgeführt werden.

4. Freie Diskussion über den «Transformator der Zukunft» im Jahr 2000

Es wird eine Evolution, aber keine Revolution geben! Die Leistungen und Spannungen werden langsamer steigen als bisher (2000 bis 2400 MVA und 1200 kV in einigen Ländern).

Das Hauptaugenmerk wird liegen auf:

- Zuverlässigkeit; Test 1,1 U nominal 24 h; langandauernde Erwärmungsläufe mit Gasanalyse und Lokalisation heisser Punkte; Stosskurzschluss-Prüfungen.
- Weitere Verlustreduktion im Zuge der Energie-Einsparungsprogramme.
- Geräuschniveau-Reduktion.

J. Kreuzer

Diskussionsgruppe 13, Appareillage de Coupure

Präsident: G. Catenacci/Italien
Rapporteur spécial: E. Ruoss/Schweiz

Der Rahmen für die Berichte und ca. 60 Diskussionsbeiträge war wiederum durch 3 Vorzugsthemen gegeben:

1. *Schaltbedienungen in gegenwärtigen und zukünftigen Wechselstrom-Hochspannungsnetzen, mit noch nicht genormten Beanspruchungen für die Schalter.*
2. *Entwicklung von Prüfmethode zum Nachweis des Kurzschluss-schaltvermögens von Leistungsschaltern.*
3. *Zuverlässigkeit von Leistungsschaltern und ihre Wartung: mechanische, klimatische und elektrische Aspekte.*

Unter dem ersten Thema fand das Schalten von Hochspannungs-Kompensationsdrosselspulen und die möglicherweise dabei auftretenden Überspannungen rege Beachtung. Untersuchungen zeigten, dass Nachbildungen in Prüffeldern zu befriedigenden Ergebnissen im Vergleich zu Netzversuchen führen können. Die üblichen Berechnungen ergeben zu strenge Resultate, so dass Korrekturfaktoren von 0,7 bis 0,8 angewendet werden müssen.

Einige Diskussionen befassten sich mit der Einschwingspannung beim Ausschalten von Kurzschlüssen, die auf der Sekundärseite von Transformatoren auftraten. Die Steilheiten der wiederkehrenden Spannung waren teilweise beträchtlich höher als von den CEI-Regeln verlangt. Schwierigkeiten traten jedoch keine auf und dürften auch nicht zu erwarten sein, da die Ströme nur 10...30 % des Nennkurzschlussstromes betragen.

Rege Diskussionen wurden über die sehr schnellen Schaltzeiten bis zur 1-Perioden-Unterbrechung geführt. Bezweifelt wurde, ob solch schnelle Fehlerunterbrechungen überhaupt noch einen Gewinn bringen. Solche schnellen Schaltzeiten werden denn auch nur unter ganz speziellen Bedingungen angewendet, und es wird in jenem Netz, wo dies zur Anwendung kommt, genau untersucht, ob und wo ein Vorteil zu erwarten ist. Es wurde in verschiedenen Diskussionsbeiträgen erwähnt, dass das Problem auch unter dem Aspekt der Zuverlässigkeit der Schalter zu betrachten ist. Auch in Zukunft dürften 2-Perioden-Schalter, abgesehen von ganz wenigen Ausnahmefällen, alle Bedürfnisse erfüllen.

Unter dem zweiten Thema wurde gezeigt, dass die Anwendung der sogenannten Elementenprüfung sowohl bei Druckluft- wie bei SF₆-Schaltern gültig und richtig ist. Neuere Versuche sowie theoretische Berechnungen ergaben, dass die Reihenschaltung von Unterbrechungsstellen – bei entsprechender Spannung – einen grösseren Strom unterbrechen kann als eine Schalteinheit. Dies heisst, dass die Elementenprüfung immer auf der sicheren Seite liegt.

Es wurde auch erwähnt, dass heute sehr gute Berechnungsmethoden und theoretische Lichtbogenmodelle zur Verfügung stehen. Moderne Prüfkreise und Versuchsmethoden sowie entsprechende Messeinrichtungen zur Erfassung der wichtigen Grössen bei Kurzschlussaltversuchen bieten zusammen mit theoretischen Erkenntnissen, Berechnungs- und Extrapolationsmethoden die Mittel zur Bestimmung des Kurzschlussausschaltvermögens moderner Schaltgeräte.

Das dritte Thema – Zuverlässigkeit von Leistungsschaltern und deren Wartung – stiess auf reges Interesse. Die Arbeitsgruppe «Zuverlässigkeit» des CIGRE-Studienkomitees 13 rapportierte über die vorläufigen Resultate der weltweiten Umfrage über das Verhalten der Leistungsschalter im Betrieb. Ein entsprechender Bericht soll in absehbarer Zeit in der ELECTRA veröffentlicht werden.

Aus den Diskussionen kann geschlossen werden, dass es schwer möglich sein wird, die Fehlerraten von Schaltern aufgrund von genormten Untersuchungsverfahren vorauszusagen. Die Ergebnisse aus intensiven Entwicklungsversuchen sowie langjährige Erfahrungen aus dem Betrieb sind Grundlagen für die Entwicklung neuer Geräte. Während der Konstruktions- und Fabrikationsphase gelten Qualitätsplanungs-, Qualitätssicherungs- und Qualitätskontrollsysteme als wichtige Mittel, um die Zuverlässigkeit im Betrieb sicherzustellen. Als wichtiges Mittel zur Aufrechterhaltung der Zuverlässigkeit der Schaltgeräte im Betrieb wurde deren Unterhalt sowie den Betriebsbedingungen angepasste Unterhaltsintervalle erwähnt.

E. Ruoss

Diskussionsgruppe 14, Liaisons à Courant continu

Präsident: L. A. Bateman/Canada
Rapporteur special: T. E. Calverley/United Kingdom

Zur Diskussion standen 4 Themengruppen, zu denen 13 Berichte eingereicht worden waren.

1. *Betriebserfahrungen und spezielle Probleme bei bestehenden HGÜ*-Anlagen und ihre Auswirkungen auf angeschlossene Systeme*

Seit 1976 sind weitere 6 HGÜ-Projekte mit Thyristorventilen dem kommerziellen Betrieb übergeben worden und haben sich bereits bewährt. Bei den leicht zugänglichen Thyristorventilen hat sich eine Redundanz von ca. 3 % als ausreichend erwiesen, um auch hohen Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitsanforderungen zu genügen. Die richtige Auslegung der Gleichstromfilterkreise ist noch problematisch. Eine bessere Zusammenarbeit zwischen Lieferanten und Anwendern von HGÜ-Anlagen und den Betreibern von Fernmeldeanlagen ist erwünscht. Die schnelle Regelbarkeit der HGÜ wird in verschiedenen Anlagen zur Dämpfung von Instabilitäten in Drehstromsystemen herangezogen und hat auch bereits wirtschaftliche Vorteile erbracht. Über die Notwendigkeit und Zweckmässigkeit ausgedehnter Inbetriebnahmeversuche zur Prüfung des dynamischen Verhaltens besteht noch keine Einigkeit.

2. *Entwicklung, Konstruktion, Bau und Prüfung von HGÜ-Anlagen und deren Komponenten*

Wie die hierzu eingereichten Berichte, unterscheiden sich auch die Diskussionsbeiträge wesentlich. Dies gilt insbesondere für die Prüfungen bei den Ventilen. Erschwerend wirken sich hier unterschiedliche Konstruktionen und auch die stark unterschiedlichen verfügbaren Prüfungsmöglichkeiten aus. Es besteht jedoch mehrheitlich die Tendenz, den vorläufigen Richtlinien der CEI zu folgen und den Prüfaufwand auf ein vernünftiges Mass zu reduzieren. Dies wird durch die Modulbauweise der Ventile erleichtert, die zugleich die Möglichkeit bietet, Ventile mit noch wesentlich höheren Leistungen mit vertretbarem Aufwand zu prüfen. Mit der Leistungserhöhung hat sich der Trend, Wasserkühlung bei den Thyristorventilen anzuwenden, noch verstärkt. Eine Reduktion der Schutzpegel von HGÜ-Stationen um 10 bis 15 % durch Verwendung von Überspannungsableitern mit Zinkoxyd-Widerständen wurde in Aussicht gestellt. Problematisch ist noch die Sicherstellung der Stabilität der Kennlinien solcher Ableiter.

3. *Steuerung, Regelung, Schutz und neue Anwendungen der HGÜ*

Mikroprozessoren werden nun auch zunehmend in Steuerungs- und Regelungssystemen von HGÜ-Anlagen eingesetzt. Besondere Ventile ergeben sich aus der leichten Anpassungsfähigkeit und den Erweiterungsmöglichkeiten an Ort und Stelle. Moderne HGÜ-Stationen können durch Teilkapselung und falls notwendig auch durch Vollkapselung unter SF₆ noch raumsparender ausgeführt werden, wobei als Vorzugsvariante die Kapselung der Schaltanlagen und Filterkreise und die Aufstellung der bereits kompakten Ventile in einer Halle angesehen wird. Die grössere Kompaktheit der Stationen erleichtert die Anwendung der HGÜ zur Versorgung von Ballungszentren. Statische Kompensatoren verdrängen die bisher verwendeten rotierenden Phasenschieber für die Blindleistungs- und Spannungsregulierung.

4. *Allgemeine Diskussion*

Es wurde von 2 Grossprojekten in Russland, einer Fernübertragung von Sibirien nach Moskau (6000 MW \pm 750 kV) und einer Netzkupplung zu Finnland (3 \times 360 MW \pm 85 kV) sowie von Projekten in Indien berichtet. Für die Prüfung der Grosskomponenten der russischen Projekte wurde eine grosse Prüfanlage erstellt, in der Stromrichterbrücken im Kreisbetrieb mit überlagerten Überspannungswellen geprüft werden können. Die erste Netzkupplung zwischen dem ost- und westeuropäischen Netz mit zunächst 400 bis 550 MW ist in Österreich geplant. Inbetriebnahme Mitte 1983. Grundlage ist ein bereits abgeschlossener Stromlieferungsvertrag zwischen Polen und Österreich.

K. Roth

*) HGÜ = Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

Diskussionsgruppe 22, Lignes aériennes

Président: M. V. V. Bourgsdorf/URSS
Rapporteur spécial: M. H. B. White/Canada

En ouverture de séance, le président attire l'attention de son auditoire sur les besoins futurs des constructeurs de lignes qui devront établir et exploiter ces prochaines décennies des réseaux à 1000 ou 1200 kV de façon sûre et économique, ce qui impliquera de repenser totalement les problèmes qui se poseront et non d'extra-poler en partant des lignes existantes.

Le rapporteur spécial avait résumé dans le rapport 22-00 les questions principales qui pouvaient être soulevées à la lecture des 13 rapports publiés dans le cadre du Groupe et ayant trait aux 3 sujets préférentiels. Sans entrer dans le détail, on peut résumer ainsi le résultat des interventions de près de 50 délégués et des discussions qu'ils suscitèrent dans une salle comble où se pressaient près de 500 délégués. Il est précisé que ce résumé ne saurait refléter toutes les contributions présentées, et que beaucoup de questions sont restées sans réponse ou nécessiteront encore des études dans le cadre du Comité d'Etudes 22.

1. Conception et construction des lignes à très haute tension (400 kV et au-dessus), en ce qui concerne les aspects mécaniques et économiques et tenant compte des problèmes d'environnement

Le souci majeur des constructeurs de lignes dans de nombreux pays est la recherche de pylônes esthétiques. Le critère de l'esthétique étant un critère relativement subjectif, l'on obtient ainsi des résultats très différents suivant les pays. Pour satisfaire ce besoin d'esthétique, l'on tend à réduire les hypothèses de charges longitudinales admises dans la conception des pylônes de suspension. Tenant compte de cet élément et en utilisant des pylônes haubanés, l'on obtient à la fois des pylônes économiques et relativement esthétiques, mais qui ne conviennent pas aux conditions d'utilisation du sol dans notre pays. Il mérite d'être noté que la Finlande dispose de plus de 20 ans de bonnes expériences avec des pylônes 400 kV dimensionnés pour un effort de traction longitudinale de 5 % de la traction d'un faisceau seulement, les lignes n'ayant pas de pylônes d'ancrage parfois sur 225 km, uniquement certains pylônes intermédiaires sont dimensionnés pour un effort longitudinal égal à 10 ou 35 % de la traction d'un faisceau suivant les cas.

Un très gros effort est fait actuellement dans tous les pays qui projettent des réseaux à 735 kV ou à plus de 1000 kV même pour obtenir des solutions fiables et économiques. Plusieurs lignes d'essais sont réalisées tant en Europe qu'en Amérique avec des pylônes haubanés de conceptions nouvelles dit «cirque» ou «à chaînette», composés de mâts, de haubans et de chaînettes en câbles ou en isolateurs avec des faisceaux de 4, 6 voire 8 conducteurs par phase. Les résultats des essais ont donné satisfaction aux constructeurs. Le but recherché est toujours d'obtenir un rapport coût/efficacité aussi favorable que possible.

2. Principes de base de la conception des divers composants des lignes aériennes (fondations, pylônes, haubans, conducteurs, matériel d'équipement, isolateurs et pièces de garde) et la coordination de leurs facteurs de sécurité

Il est admis en général que les conducteurs doivent être les éléments les plus résistants de la ligne, alors que les pylônes ou certains de leurs éléments seulement doivent être plus faibles. Cependant si les experts sont généralement d'accord sur les principes généraux, les discussions font ressortir par contre de nombreuses divergences sur des conceptions particulières, comme par exemple sur les moyens à mettre en place pour contrôler le phénomène du galop des conducteurs de même que pour les vibrations des sous-portées des conducteurs en faisceaux, sur le comportement des pinces à glissement, sur la nécessité de protéger les chaînes d'isolateurs par des armatures de protection contre les arcs électriques, sur l'évaluation des caractéristiques des sols remblayés ou sur les formules à utiliser pour le calcul des fondations.

3. Comportement en service des lignes aériennes: rapports sur les incidents et les avaries et descriptions des solutions correspondantes

Les contributions font ressortir que le facteur «terrain» et le manque d'appréciation des phénomènes localisés sont à la base de

nombreuses avaries de lignes. L'un des problèmes d'importance capitale est le contrôle des avaries par cascade. Des solutions proposées pour ce contrôle, relevons l'utilisation des pylônes d'ancrage ou l'augmentation de la résistance longitudinale et de la résistance à la torsion des pylônes, conditions appliquées depuis longtemps en Suisse et qui font que le phénomène «cascade» n'est heureusement pas connu dans notre pays.

De forts vents latéraux ont provoqué l'usure prématurée des systèmes de suspension étrier-œillet (ou manille) des chaînes d'isolateurs des pylônes qui ont été remplacés dans certains pays par des ancrages ou par des axes.

La Norvège qui tient compte depuis longtemps de la poussée latérale de la neige sur la base des pylônes se félicite de ne pas avoir de problème de ce côté-là. La densité admise est de 450 kg/cm³ et la hauteur de neige varie de 2 à 8 mètres.

Il est proposé à la suite des discussions que le Groupe de Travail 06, Sécurité des Lignes aériennes, établisse un guide d'analyse des avaries, afin d'obtenir un maximum d'informations sur les avaries, informations qui puissent être transférées à une autre situation et par là être utiles à d'autres constructeurs.

4. Contributions libres

Parmi ces contributions, citons le problème soulevé en Côte d'Ivoire et qui nécessita des mesures d'urgence à cause du bruit nocturne d'une ligne 225 kV dont les pertes atteignaient 57 kW/km en moyenne la nuit et par un taux d'humidité de 100 %. La cause provenait du fort graissage des conducteurs qui favorisait le développement de petits insectes s'agrippant aux conducteurs. Il fallut brosser les câbles pour les nettoyer!

Un délégué américain présenta une intéressante étude relative au coût initial d'une ligne qui tenait compte des pertes capitalisées sur 35 ans pour différentes configurations des faisceaux de conducteurs. Plus la charge de la ligne était élevée et plus son coût augmentait, moins l'influence des différentes configurations se faisait remarquer.

P. de Weck

Diskussionsgruppe 23, Postes

Präsident: F. W. Davenport/United Kingdom
Rapporteur spécial: J. E. Baumann/Schweiz

Als «sujets préférentiels» standen diesmal die beiden folgenden Themengruppen zur Diskussion:

1. Massnahmen zur Beherrschung grosser Ströme in Hoch- und Höchstspannungsanlagen und ihr Einfluss auf die Auslegung der Erdungssysteme

2. Isolationskoordination in SF₆-Anlagen. Analyse der möglichen Dispositionen für gasisolierte Anlagen, insbesondere Einbaukriterien für Überspannungsableiter, Funkenstrecken und Erdungsvorrichtungen

Bevor jedoch diese beiden Hauptthemen behandelt wurden, stellte der Präsident die Tätigkeit der neuen Arbeitsgruppe 23.06 zur Diskussion. Diese Arbeitsgruppe befasst sich mit den elektrischen Haupt- und Hilfsinstallationen in Kraftwerken, d.h. mit den Schaltanlagenelementen zwischen Generator- und Transformator-klemmen. Bisher hatte sich weder die CIGRE noch ein anderes internationales Gremium speziell für diese Probleme interessiert. Die einleitende Diskussion diente deshalb dazu, ganz allgemein das Bedürfnis für eine solche Arbeitsgruppe abzuklären und gleichzeitig festzustellen, welche Fragen gegebenenfalls mit erster Priorität angegangen werden sollen. Normalisierung der Haupttransformatoren, Anordnung der Generatorschienen und deren Erwärmung sowie Erdbbensicherheit wurden sehr häufig genannt, doch die meisten Beiträge drehten sich um die Probleme der Reservehaltung. Die Ansichten über Notwendigkeit, Anzahl und Schaltung von installierten Reserven gingen ziemlich auseinander. Während ein Teil der Redner sich auf die Zuverlässigkeit der elektrischen Geräte berief und aus Kostengründen weitgehend auf Redundanz und Umschaltmöglichkeiten verzichten wollte, rechtfertigten andere den beträchtlichen Aufwand für die Reservehaltung, indem sie die volkswirtschaftliche Bedeutung

der Kontinuität einer ausreichenden Versorgung mit elektrischer Energie hervorhoben. Die lebhafteste Diskussion und die Vielfalt der angeschnittenen Probleme liessen ein grosses Interesse an diesem Themenkreis erkennen, so dass es der neuen Arbeitsgruppe für einige Zeit nicht an Aufgaben mangeln dürfte.

Im ersten «sujet préférentiel» hatte der «rapporteur spécial» sieben Fragen formuliert, welche zu zahlreichen, interessanten Voten führten, aber praktisch in keinem Fall eine eindeutige Tendenz erkennen liessen. Es scheint, dass auf dem Gebiet der hohen Ströme die Meinungen nach wie vor geteilt sind und jeder die Probleme auf seine Art zu lösen versucht. So fanden z.B. Stahlkapselungen wie solche aus Aluminium ihre Befürworter und Gegner. Ebenso werden auch in Zukunft sowohl dreiphasig wie einphasig gekapselte Sammelschienen verwendet werden. Mehrheitlich auf Ablehnung stiess dagegen der Vorschlag, gewisse Schalter durch Kurzschlussbegrenzer zu ersetzen. Hier wurde meist die Meinung vertreten, dass noch eingehende Studien und eine Reihe von Versuchen notwendig seien, bevor diese neuen Apparate eingesetzt werden können.

Die Diskussion des zweiten «sujet préférentiel» zeigte, dass es schwer möglich ist, allgemeine Richtlinien für die Anordnung von Überspannungsableitern in SF₆-Anlagen aufzustellen, da sowohl die Charakteristik der Schaltanlage wie auch die Daten der betreffenden Leitungen berücksichtigt werden müssen. Generell wurde anerkannt, dass Ableiter aus Metalloxyd eine Senkung des Isolationsniveaus zulassen, doch scheint der aktuelle Entwicklungsstand dieser Apparate bisher zu keinen befriedigenden Resultaten geführt zu haben. Einige Redner wiesen wiederholt auf die Möglichkeit hin, Funkenstrecken statt Überspannungsableiter zu verwenden, um Kosten zu sparen. Diese Massnahme fand indes nur geringe Zustimmung.

Den Abschluss dieser Session bildete eine freie Diskussion über das Konzept von zukünftigen Höchstspannungsanlagen. Im Gegensatz zu früheren Jahren fanden die gasisolierten Ausführungen am meisten befürwortende Stimmen. Die wesentlichsten Argumente, welche zu deren Gunsten vorgebracht wurden, sind: Wirtschaftlichkeit, einfacher Unterhalt, keine Beeinträchtigung durch Umwelteinflüsse (Staub, Feuchtigkeit), keine Probleme mit Landschaftsschutz und keine konstruktionsbedingten Einschränkungen für das elektrische Anlagenschema. Projekte in konventioneller Technik scheinen dagegen aus Platzgründen je länger je mehr Schwierigkeiten zu verursachen, während die Vorteile der Hybridtypen doch nicht so überwältigend sind, wie ursprünglich angenommen wurde.

P. Frischmuth

Diskussionsgruppe 31, Planification des réseaux

Präsident: M. Valtorta/Italien
Rapporteur spécial: C.B. Cooper/United Kingdom

Die drei vom neuen Studienkomitee 31 ausgewählten «Sujets préférentiels» wurden in 16 Berichten behandelt. Es waren 400 Delegierte anwesend, und 72 schriftliche Vortragsmeldungen wurden eingereicht.

1. Status der neuen Projekte der elektrischen Netze

C.B. Cooper eröffnete die Diskussion, indem er darauf hinwies, dass die öffentliche Meinung bei den Entscheidungen zunehmend berücksichtigt werde.

Im ersten Teil der Diskussion wurde ziemlich viel Zeit den zur Erhöhung des Übertragungsvermögens angewandten Mitteln gewidmet, wie

- sechsphasige Übertragungsleitungen
- multispannungsebene Übertragungssysteme
- bessere Ausnutzung der thermischen Belastbarkeit der Leitungen, vorwiegend durch Kompensation
- bessere Regelung der Blindleistung
- Verbesserung der Netzführung im Störfall

Vielfältige Spannungsregelungsapparaturen wurden beschrieben. Sie kommen für die Übertragungsspannungsregelung öfters zur Anwendung, und tragen offenbar zur Verbesserung des Netzbetriebes bei.

Berichte betreffend die Forschungsarbeiten über die Kurzschluss-Strombegrenzungseinrichtungen lassen auf ihren baldigen Einsatz im Übertragungsnetz hoffen. Verschiedene Autoren bestätigten, dass

die Regelung der Gleichstromverbindung die Betriebssicherheit der Wechselstromnetze erhöht.

Der Mangel an qualifiziertem technischen Personal stellt ein Problem für die Entwicklungsländer dar, und ein Delegierter warf die Frage auf, ob und wie CIGRE an dieses herangehen würde.

Zu diesem ersten Themenkreis gehören auch die UHV-Versuchsanlagen.

Die Vorteile von asymmetrisch angeordneten Leiterbündeln sind Gegenstand von zahlreichen Zusatzberichten. Daraus war zu entnehmen, dass eine solche Anordnung die Korona-Verluste zwar verringert, die Jouleschen Verluste jedoch vergrössert. Ferner bewirkt sie eine Dämpfung der Radiostörungen und des Lärmpegels.

Versuche über die biologische Auswirkung der magnetischen und elektrischen Felder führen zu keiner negativen Schlussfolgerung für die geplanten UHV-Projekte und werden fortgesetzt.

Die Verwendung von neuen Isolatorotypen bei den neuen UHV-Masten ist nach mehreren Berichten möglich.

2. Einfluss der statischen und dynamischen Lastcharakteristiken auf die Netzkonzeption

Neue Versuche werden gegenwärtig weitergeführt, um die Abhängigkeit der Lastcharakteristiken von Spannungs- und Frequenzänderungen zu ermitteln.

Die Lastzusammensetzung, insbesondere der Einfluss der Klimaanlagen, scheint ein gewichtiger Parameter zu sein. Die Lastnachbildung wurde als wichtiger Faktor in den Stabilitätsuntersuchungen anerkannt, und Berechnungsmethoden wurden zum Erlangen einer breiten Skala von Lastcharakteristiken entwickelt. Es wurde jedoch betont, dass zuverlässige numerische Werte schwer erhältlich sind.

3. Planungsstrategie von integrierten Erzeugungs- und Übertragungsnetzen, um eine die ungewisse Zukunft berücksichtigende Flexibilität zu erzielen

Der dritte Themenkreis begann mit einer langen Diskussion über die Methoden «cible» oder «scenario». Für eine umfassende Untersuchung der Entwicklungsmöglichkeiten des Netzes wurde eher die «scenario»-Methode als geeignet erachtet. Diese Frage wurde lebhaft debattiert und die Wichtigkeit von drei Variablen unterstrichen: Lastzuwachs, Erzeugungsstandort und Einschränkungen für den Übertragungsweg.

Eine EdF-Studie führte zum Ergebnis, dass die Notwendigkeit einer Spannungsebene, die höher ist als 420 kV, in Westeuropa nur dann besteht, wenn die Erzeugungskonzentration 20000 MW und die Übertragungsentfernung 150 km überschreiten. Für Frankreich z.B. reicht die 420-kV-Spannung für die nächsten 15 Jahre aus.

Die Verwendung von Trassé der vorhandenen Leitungen und deren Ersatz durch Leitungen mit höherem Übertragungsvermögen wurde wiederholt empfohlen, um den steigenden Umwelterfordernissen gerecht zu werden.

Probabilistische Methoden erregen zunehmendes Interesse, jedoch die Planungsstudien beruhen meistens noch auf deterministischen Verfahren.

D. Do Dai

Diskussionsgruppe 32, Exploitation, commande et réglage des réseaux

Präsident: H. Glavitsch/Schweiz
Rapporteur spécial: J. Stengel/Frankreich

Für die Session 1978 lagen 3 Vorzugsthemen vor, die durch 13 eingereichte Berichte abgedeckt wurden. Der Spezialbericht des Komitees stellte 20 Fragen zur Diskussion.

1. Ursachen, Auswirkungen und Analyse von Großstörungen; Netzführung unter Störungsbedingungen

Grössere Störungen können sich aus kleinen Ursachen mangels genügender Information oder Versagen der Schutzeinrichtungen entwickeln. Durch die Vorausbeurteilung des Netzverhaltens bei verschiedenen Störungen kann die Entwicklung zu einer Großstörung in vielen Fällen vermieden werden. Die Netzführungszentren benötigen schnelle und eindeutige Informationen aus allen Netzteilen, um während der Störung sofort handeln und nachträglich eine Analyse zur künftigen Verhinderung durchführen zu können. Eine grosse Hilfe ist dabei die Echtzeitregistrierung kurz vor und während

einer Störung. Solche technischen Hilfsmittel verringern nicht nur die Wahrscheinlichkeit einer Großstörung, sondern geben auch Hinweise zur besseren Ausnutzung aller Netzelemente. Da zur Erkennung und Vermeidung von Störungen die Hauptaufgabe beim Bedienungspersonal liegt, können diese an Übungssimulatoren für alle möglichen Störungsfälle geschult werden. Diese Simulatoren müssen allerdings in der Lage sein, den Einfluss einer Handlung durch Angabe der Änderung der Last, der Frequenz und der Spannung genau wiederzugeben. Der Netzschutz darf nicht von lokalen Überlegungen ausgehen, sondern muss sich an eine Gesamt-Philosophie, die für das ganze Netz Gültigkeit hat, halten.

2. Planung, Funktion und Ausführung von zentralisierten oder dezentralisierten Netzführungssystemen

Die Schalterfernsteuerung gewinnt je länger je mehr an Bedeutung, da sie eine schnellere und besser koordinierbare Eingriffsmöglichkeit darstellt. Für Netzführungszentren müssen nicht nur die technischen Anforderungen an die einzelnen Elemente, sondern auch deren Verfügbarkeit, die je nach deren Wichtigkeit zwischen 95 und 99,9% liegen kann, definiert werden. Die wichtigsten Elemente, wie z.B. die Rechner, müssen zum Teil doppelt vorhanden sein. Das Blindschaltbild gewinnt wieder an Bedeutung, da es im Gegensatz zu den Bildschirmen eine schnelle und globale Übersicht über das ganze Netz vermittelt. Farbige und graphische Sichtgeräte erlauben eine klarere und präzisere Darstellung des Netzes.

3. Vorausschauende Lastführung und Echtzeitnetzführung unter Berücksichtigung der Sicherheit

Um eine optimale Versorgungssicherheit und eine wirtschaftliche Betriebsführung zu erreichen, werden auch gewisse Daten der Nachbarnetze benötigt. Die Blindleistung sollte möglichst am Ort der Entstehung oder am Verbraucherort kompensiert, beziehungsweise erzeugt werden.

In der allgemeinen Diskussion wurde auf das Problem des Betriebes grosser Produktionseinheiten in schwach verbundenen Netzen hingewiesen und der Wunsch geäußert, vermehrt das technische Zusammenspiel «Grossgenerator-Netz» zu untersuchen. Die grossen nuklearen Kraftwerke, die nicht an der Netzregelung teilnehmen, verschlechtern in zunehmendem Masse den Frequenzhaushalt und das Regelverhalten ganzer Netzverbände.

F. Schwab

Diskussionsgruppe 33, Surtensions et Coordination de l'Isolement

Präsident: K. H. Schneider/BRD
Rapporteur spécial: G. Carrara/Italien

Ein erster Themenkreis umfasste «Überspannungen und Überspannungsschutz». Messungen im 750-kV-Netz der UdSSR bestätigen die bekannte Tatsache, dass bei der Abschaltung von Blindleistungsdrosselspulen und bei Schnellwiedereinschaltungen von Freileitungen mit den höchsten Schaltüberspannungen zu rechnen ist. Infolge des tiefen Isolationsniveaus kann auch das Öffnen von Trennern zu Schäden in Transformatoren führen durch die steilen und sich rasch folgenden Überspannungsspitzen. Neuere Untersuchungen von CESI zeigen, dass bei einphasiger Schnellwiedereinschaltung der kapazitive Ausgleichstrom der geschalteten Leitung 50...100 A erreichen kann. Da das Verschwinden dieses Stromes in nützlicher Frist teilweise nur mit einem Erdungsschalter bewirkt werden kann, wird dadurch das einphasige Wiedereinschalten in Höchstspannungsnetzen in Frage gestellt. Auf der Suche nach einem Berechnungsmodell für die Dämpfung von Wanderwellen längs Freileitungen dürfte ein neues Verfahren, das die Energieverluste berücksichtigt, Vorteile gegenüber dem, das sich nur auf die äquivalente Kapazität stützt, aufweisen. Der neue funkenstreckenlose Ableiter auf der Basis von nichtlinearen Widerständen aus Metalloxyden scheint eine grosse Zukunft zu haben. Sein Stabilitätsverhalten, insbesondere durch Altern, sein Temperaturverhalten und die Veränderung infolge der Belastung müssen noch näher untersucht und in Prüfvorschriften festgehalten werden.

Der Auswahl von Isolatoren unter Verschmutzung war der zweite Themenkreis gewidmet. Das breite Feld der möglichen Verschmutzungen in den verschiedenen Ländern einerseits und die angewendeten Mess- und Beurteilungsparameter andererseits ergeben

ein breites Spektrum von Meinungen und Resultaten. Die Messung der Amplitude des Stromes in der Halbwelle vor dem Überschlag scheint nun allgemein als Vergleichskriterium akzeptiert zu werden, wobei der Sicherheitsabstand zwischen diesem Maximalwert und dem zulässigen Wert zu 50% angegeben wird. Allgemein wird festgehalten, dass der Kriechweg ein wichtiges, aber nicht hinreichend aussagefähiges Kriterium für die Dimensionierung darstellt. Andere Einflussgrößen wie Form, Selbstreinigung usw. dürfen nicht vernachlässigt werden.

Ausgewählte Probleme der Isolationskoordination bildeten den Inhalt des dritten Themenkreises. Länger andauernde Überspannungen infolge von Resonanzerscheinungen durch Harmonische, wie sie z.B. infolge des Einschaltstromstosses eines leerlaufenden Transformators auftreten können, stellen mehr und mehr schwer zu beherrschende Vorgänge dar. Eine Begrenzung mit konventionellen Ableitern ist wegen des hohen Energieinhaltes der Schwingungen nicht möglich; sowohl die Dämpfung durch die Anlage als auch die zur Unterdrückung der Schwingungen erforderliche Dämpfung müssen noch näher betrachtet werden. Im Zusammenhang mit SF₆-gekapselten Anlagen wurde speziell die Frage des Fehlerrisikos aufgeworfen. Als Mass wurde die Zeit zwischen zwei Fehlern angegeben. Die zulässige Grösse im Vergleich zu den Fehlerkosten und den Kosten für einen Schutz konnte jedoch nicht genauer definiert werden. Eine vorgeschlagene elektrisch getriggerte Schutzfunkenstrecke weist infolge der Verzögerung in der Schaltung noch Ansprechzeiten bis zu 3 µs auf, was für Blitzspannungen zu lang ist.

Die Beanspruchung zwischen Phase-Phase bei Überspannungen wird durch zwei Grössen gekennzeichnet, nämlich durch den absoluten Wert zwischen den Phasen und durch die Aufteilung der Teilspannungen auf die einzelnen Phasen. Bei einer genaueren Überprüfung zeigte sich, dass für die jeweiligen Netzparameter unterschiedliche Koeffizienten sowohl der Aufteilung als auch der Höhe nach angewendet werden müssen. Laboruntersuchungen an kurzen Leitungsstücken und an längeren Leitungen haben zu abweichenden Ergebnissen für die Überschlagsspannungen geführt. Die Frage, inwieweit die Laboruntersuchungen modifiziert werden müssen, um sie für übliche Übertragungslängen anwenden zu können, bleibt noch offen. Bei Versuchen mit langen Frontzeiten (1000...3000 µs) ergab sich eine bessere Übereinstimmung mit den realen Bedingungen. Dem Einfluss der dritten Phase scheint mit einem Korrekturfaktor von 0,93...0,95 Rechnung getragen werden zu können.

Aufgabengebiete und zukünftige Tätigkeit des CE 33 der CIGRE waren der Inhalt der freien Diskussion. Dabei wurden auch die vom CE 28 und CE 37 der CEI, wie auch die von den CE 13 und 23 der CIGRE gewünschten Informationen dargelegt.

U. Burger

Diskussionsgruppe 34, Protection

Präsident: G. Dienne/Belgien
Rapporteur spécial: J. H. Naylor/United Kingdom

Für die 3 bevorzugten Diskussionsthemen des CE 34 gingen 5 Rapporte ein zum Thema 1 «Besondere Aspekte des Schutzes von Hochspannungsleitungen» (über 500 kV); 4 Rapporte behandelten das Thema des «Einsatzes grosser Erzeugungseinheiten in Netzen und deren Rückwirkungen im Störungsfall», während 2 Rapporte sich zum 3. Thema äusserten: «Tendenzen und Neuentwicklungen auf dem Gebiete der Informationsverarbeitung in Unterstationen, bezogen auf Schutztechnik».

Ausserdem wurden durch andere Studienkomitees Rapporte behandelt, die sich am Rande ebenfalls auf das Arbeitsgebiet des CE 34 bezogen (4 Fälle).

Schutz von Höchstspannungsleitungen

Erfordert heute eine totale Reaktionszeit (Messung + Relais + Schalter) von weniger als 100 ms. Die Diskussion bezog sich teilweise auf den Einsatz schneller Einrichtungen, wobei an der Sitzung nicht ausgesprochen, jedoch impliziert wurde, dass selbstverständlich dann auch schnellere Höchstspannungsschalter zur Verfügung stehen müssen. Besondere Aufmerksamkeit wurde dem Schalterreserveschutz zuteil, dessen totale Funktionszeit inkl. die von ihm zu betätigenden Schaltmittel 300 ms nicht übersteigen sollte. Einrichtungen, die innerhalb dieser beiden Auflagen arbeiten, werden

aus heutiger Sicht als genügend rasch bezeichnet, um die Betriebssicherheit der Versorgungsnetze zu gewährleisten.

Die Diskussion des 2. Themas, «Einsatz grosser Versorgungsblöcke» (und eventuelle Rückwirkungen durch Netzfehler) bezog sich teilweise ausführlich auf die Beanspruchung grosser Erzeugungseinheiten. Nicht nur Wellenbruch im Generator, sondern auch die Beanspruchung der mechanischen Kupplungen zwischen Antriebsmaschine und Generator sind in der Diskussion erwähnt worden. Der Berichterstatter erhielt allerdings den Eindruck, dass es sich hier um zum Teil theoretische Auseinandersetzungen handelte, die jedoch einzelne Betriebsvorkommnisse zur Grundlage hatten.

Das 3. Thema «Neuentwicklungen» wurde sehr breit im Hinblick auf Datenverarbeitung und möglichen Einsatz von Rechnern behandelt. Auch neue Informationsübertragungsmittel wie z.B. Glasfaseroptik wurden nicht nur erwähnt, sondern auch in einem Rapport behandelt. Die Reaktion auf dieses Sujet bewog auch den Präsidenten des CE 34, G. Dienne, in seinem Schlusswort die Frage aufzuwerfen, ob man nicht am Anfang einer neuen Ära integraler Systeme stehe, die auch die schutztechnischen Belange beinhalten würden. Er gab weiters seiner Hoffnung Ausdruck, dass die nächsten Cigre-Sessionen in dieser Richtung mehr Auskunft brächten.

Gleichzeitig wurde die Studienkomitee-Sitzung in Paris abgehalten, die sich auf organisatorische Belange bezog, Arbeitsgruppenrapporte diskutierte und die neuen bevorzugten Themata (Sujets préférentiels) für 1980 zur Beurteilung durch das Comité Technique abgab.

Ch. Hahn

Diskussionsgruppe 41, Avenir des transports et des réseaux d'énergie

Präsident: L. O. Barthold/USA
Rapporteur spécial: G. A. Vinjar/Norwegen

Die Arbeitssitzung hat das Generalthema: «Welche Einflussfaktoren werden den Anteil der Elektrizität am Energieverbrauch in Zukunft beeinflussen?» behandelt

Der weite Horizont dieser Fragestellung wird eine engere Definition der präferentiellen Themen verlangen. Die Session war zu stark vom Bestreben gekennzeichnet, eine Überlappung mit andern

Studienkomitees zu vermeiden. Gerade für das CE 41 sollte dies nicht im Vordergrund stehen, um die für CIGRE-Belange wichtigen zukünftigen Entwicklungen erkennen zu können.

Die Panel-Diskussion '78 hat sich sehr nahe der Themenstellung des CE 41 bewegt und damit einiges vorweggenommen.

Eine Zusammenfassung über die Arbeitssitzung ist vom Präsidenten im ELECTRA-Bericht über die CIGRE 78 vorgesehen.

Das Vorgehen mit «invited papers» wird für 1980 fallengelassen. Beiträge für die CE 41 Session 1980 sind durch die Nationalkomitees in der gewohnten Weise vorzuschlagen.

Ein Teil der Abgrenzungsprobleme vom CE 41 zum CE 31 rührt von der verbesserungsfähigen Definition der Arbeitsgebiete des CE 31 her. Der Präsident L. O. Barthold wird seinen Vorschlag für das CE 31 nochmals beim Präsidenten der CIGRE vorbringen.

Das Vorzugsthema für 1980 lautet:

«Der Einfluss von alternativen Energietransport- und -verbrauchssystemen auf die Anforderungen an zukünftige elektrische Übertragungssysteme»

Seine Behandlung wird den Zuzug von Nichtelektrikern als Experten erfordern, um für elektrische Netze relevante Resultate zu erhalten.

Als mögliches Thema für 1982 schlägt der Präsident vor: «Der Einfluss von Entwicklungen der Energieumwandlungsprozesse auf zukünftige Energieübertragungsanforderungen.»

Für die Arbeitssitzung des CE 41 für 1979 wurde das Thema «Probleme von Planung der Forschung für Energiesysteme» festgelegt. Diese Arbeitssitzung beginnt am 8. 7. 1979 in Victoria und endet am 13. 7. 1979 in Vancouver (Kanada). Es sind zwei Halbtage zusammen mit dem CE 31 vorgesehen.

Die Arbeitsgruppe 41.01, Einflüsse auf das Wachstum der elektrischen Lastfaktoren, wird von M. Bergougnoux (EDF) mit der Arbeitsgruppe 31.02 koordiniert. 41.01 wird die Prognose-Methoden für Lastfaktoren, 31.02 die Lastverteilung behandeln.

Für die Beurteilung von unkonventionellen Methoden der Erzeugung elektrischer Energie ist eine weitere Arbeitsgruppe vorgesehen.

Für die Session 1981 stehen Japan und Norwegen zur Diskussion, ein Entscheid wird 1979 gefällt.

Zum Rapporteur spécial für 1980 wurde Mr. M. N. John, United Kingdom, ernannt.

U. La Roche

EXACT International Exchange of Authenticated Electronic Component Performance Test Data

Sitzungen des Council vom 11. bis 15. September 1978 in Wien

Der Council tagte vom 11. bis 15. September unter dem Vorsitz von E. Ganz, Schweiz, in Wien. Anwesend waren Delegierte aus der Bundesrepublik Deutschland, Finnland, Frankreich, Norwegen, Grossbritannien, Israel, Japan, Österreich, Schweden und der Schweiz. Von der amerikanischen Organisation GIDEP war eine Entschuldigung über das Fernbleiben ihres Delegierten eingegangen.

Das Protokoll der letzten Sitzungen vom 19. bis 23. September 1977 in Zürich wurde genehmigt. Der an der letzten Sitzung zum neuen Generalsekretär gewählte A. J. Toegel (Österreich) konnte sein Amt infolge Krankheit nicht antreten. Im Frühling dieses Jahres wurde dann C. Hawkins zum Generalsekretär gewählt und der Sitz von EXACT International auf 1. Juni 1978 nach London verlegt. Als neues Mitglied wurde das Prüflabor der ITT-Standard in England sowie die Firma ISKRA, Jugoslawien, in EXACT aufgenommen. Der deutsche Delegierte gab bekannt, dass beabsichtigt sei, zu Beginn des nächsten Jahres ein deutsches Nationalzentrum zu etablieren.

Der neue Generalsekretär, C. Hawkins, wird an die im Oktober stattfindende Arbeitstagung der GIDEP reisen. Er wurde beauftragt, dahingehend zu wirken, dass der Informationsfluss GIDEP-EXACT verbessert und der Zugriff auf andere Datenbanken ermöglicht wird.

Ausgedehnte Diskussionen verursachte wie jedes Jahr die finanzielle Lage. Es wurde beschlossen, als «Leitwährung» nicht mehr den Schweizer Franken, sondern das englische Pfund zu verwenden. Der internationale Beitrag konnte leicht gesenkt werden. Die Kosten für Weisskopien, Mikrofilm und Mikrofiche wurden unverändert belassen, sollen aber im Laufe dieses Jahres überprüft und an der nächsten Council-Sitzung, falls erforderlich, angepasst werden. Vom schweizerischen Delegierten wurde vorgeschlagen, die Einreichung von Berichten zu aktivieren. Für das Council-Meeting 1979 wurde die Einladung von Israel bestätigt. Die Sitzung soll dort in der ersten Oktoberhälfte stattfinden.

F. Baumgartner