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: 74 (1983)

Heft: 1

Artikel: Speicherprogrammierte Steuerungen

Autor: Ruchti, H.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904742

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: 16.07.2025

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

Speicherprogrammierte Steuerungen

H. Ruchti

Von der Tatsache ausgehend, dass speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) im Dienste der Wirtschaftlichkeit täglich für neue Aufgaben eingesetzt werden, informiert dieser Artikel über einige Schwerpunkte in der Anwendung von SPS: Funktionsweise, Eigenschaften, wichtige Anwendungsgebiete, Vorgehen.

Les automates programmables servant de plus en plus souvent à de nouvelles tâches, quelques-uns de leurs points essentiels sont décrits: fonctionnement, propriétés, importants domaines d'emplois, procédés.

Adresse des Autors
H. Ruchti, Selectron Lyss AG, 3250 Lyss

1. Eigenschaften und Möglichkeiten

Die Aufgabe einer programmierbaren Logiksteuerung besteht darin, einen Arbeitsprozess aufgrund von logischen Kombinationen optimal zu steuern. Dabei führen vorgegebene Eingangskriterien in logischer Kombination zu entsprechenden Ausgangssignalen, welche den Prozessablauf steuern.

Die verschiedenen Steuerungsarten können nach Figur 1 unterteilt werden. Grundsätzlich wird zwischen verbindungsprogrammierten (VPS) und speicherprogrammierten (SPS) Steuerungen unterschieden. Zur ersten Gruppe gehören die herkömmlichen Relaissteuerungen, bei denen die Programmierung mittels Verdrahtung erfolgt. Bei den SPS wird das Programm dagegen ausschliesslich mittels Software erstellt.

Speicherprogrammierbare Steuerungen weisen gegenüber herkömmlichen Steuerungen erhebliche Vorteile auf:

- Die Programmierung (Software) kann während des Aufbaus und der Verdrahtung der Steuerung (Hardware) erfolgen.
- Programmänderungen sind rasch, problemlos und ohne Verdrahtungsänderungen durchführbar.
- Hohe Komplexität und Verknüpfungsdichten sind verhältnismässig leicht zu realisieren.
- Geringer Projektierungsaufwand mit genauer Kostenberechnung für die Hardware.
- Wiederverwendbarkeit der Hardware.
- Einmaliger Software-Aufwand für beliebige Stückzahlen.
- Erhöhte Zuverlässigkeit.
- Einprogrammierbare Sicherheit.
- Grosser Komfort im Projektstadium wie im Einsatz.

In Figur 2 sind die Anwendungsbereiche verschiedenartiger SPS in Abhängigkeit der Anzahl Ein- und Ausgänge sowie der Komplexität der Systeme dargestellt. Zum Vergleich ist auch der Bereich der Relais und Schützen eingetragen, die sich nur für relativ einfache Abläufe mit wenigen Ein- und Ausgängen eignen. Aus Figur 2 ist ersichtlich, dass sequentielle SPS schon bei kleinem Steuerungsaufwand interessant sein können und deshalb dort die noch oft mit verdrahteter Logik in konventioneller Technik ausgeführten Steuerungen langsam verdrängen. Voraussetzungen sind ein kompakter Aufbau der SPS, eine einfache Programmierung ohne besondere Ausbildung programmierbar (jedoch mit allen Vorteilen der SPS) sowie ein günstiger Preis.

In praktisch allen Industriezweigen ergeben sich Steuerungs- und Überwachungsaufgaben, die sinnvoll mit SPS lösbar sind. Typische Einsatzbereiche sind etwa:

Maschinenbau: Logische Ablaufsteuerungen von Maschinen aller Art, Verpackungs- und Abfüllautomaten, als programmierbares Interface für NC und CNC sowie in Verbindung mit Prozessorsteuerungen.

Test- und Prüfeinrichtungen: Steuern und Überwachen von Test-, Prüf- und Sortierungseinrichtungen.

Betriebsüberwachungen: Zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten in Klimatechnik, Kläranlagen, Tunnelüberwachungen, Fördertechnik usw.

Schalttafelbau: Steuerung von Belüftungs- und Heizungsanlagen sowie Übernahme aller logischen Verknüpfungen.

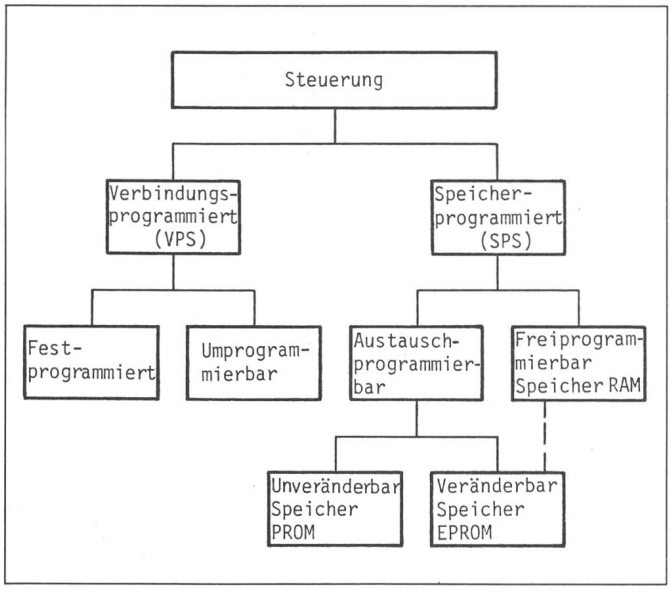


Fig. 1 Steuerungsarten nach DIN
Unterscheidung von Steuerungen nach Programmträgern

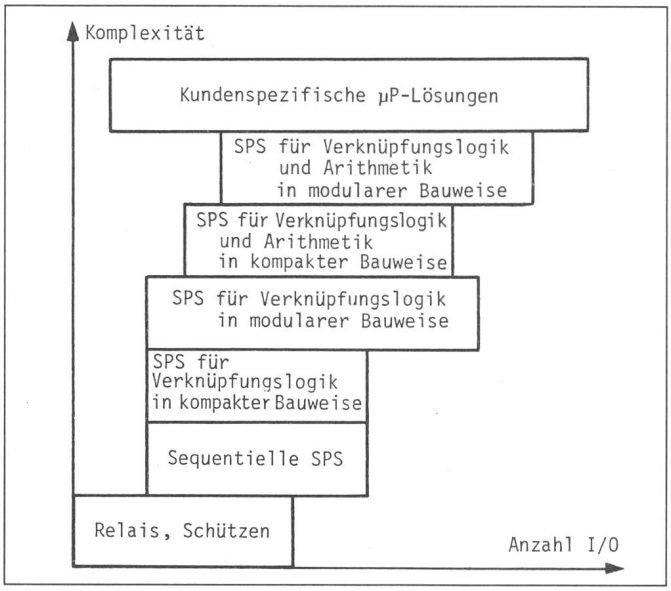


Fig. 2 Hierarchie der Steuerungen unter besonderer Berücksichtigung der speicherprogrammierten Steuerungen
I/O Ein-/Ausgänge

2. Vorgehen beim Einsatz von SPS

Das Arbeiten mit SPS bietet ein grosses Mass an Flexibilität von der Planung bis zur Inbetriebnahme sowie beim Unterhalt von Anlagen. Damit die Vorteile von SPS in der Praxis auch optimal zum Tragen kommen, hat sich ein Vorgehen nach Figur 3 bewährt.

Das Pflichtenheft umfasst die Schwerpunkte: Beschreibung, Anlagenblockschema, grafische Darstellung des Ablaufes sowie Ein- und Ausgangsdaten. Von besonderer Bedeutung ist dabei die grafische Darstellung des Steuerungsablaufes, denn diese bildet die Grundlage, um alle Vorteile einer SPS nutzen zu können. Je nach persönlichen Kenntnissen des für die Steuerung Verantwortlichen und je nach Steuerungsaufgaben eignen sich unterschiedliche Darstellungsarten. Zeit/Weg-Diagramm (CH), Funktionsplan DIN 40719 oder Flussdiagramm (USA) bzw. Programmablaufplan DIN 66001.

Mit einigen SPS ist es möglich, direkt ab einer der genannten Darstellungen zu programmieren, was das Umsetzungsproblem zwischen Mechanik und Steuerung stark erleichtert. VPS und auch die meisten SPS benötigen jedoch zur Programmierung einen aus der grafischen Darstellung entwickelten Kontaktschaltplan oder Logikschaltplan.

Ist der Typ der Steuerung aufgrund des Pflichtenheftes festgelegt, verläuft der Arbeitsablauf zwischen Software und Hardware getrennt parallel. Auf diese Weise lässt sich Zeit sparen, wodurch die Lieferfristen verkürzt werden können.

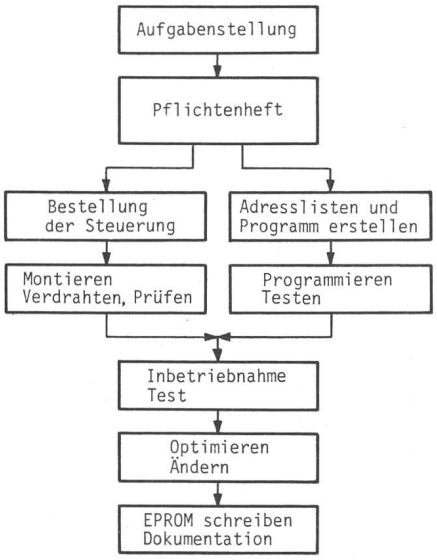


Fig. 3 Ablaufplan beim Einführen einer SPS

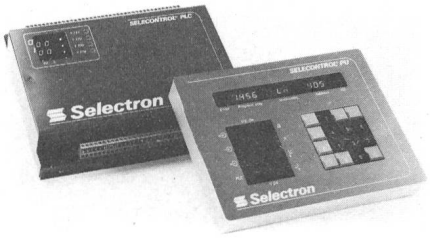


Fig. 4 Kompakte speicherprogrammierbare Steuerung PLC mit Programmiergerät PU

3. Beispiel

Am Beispiel einer PLC-Steuerung soll gezeigt werden, wie einfach eine zweckmässig konzipierte SPS bedient werden kann (Fig. 4).

Im Zeit/Weg-Diagramm sieht eine einfache Steuerungsaufgabe beispielsweise nach Figur 5 aus. Vorgehend wurde eine Adressliste erstellt, in welcher allen Eingangs- und Zeitbedingungen sowie jedem Ausgang eine Adresse zugewiesen wurde. Das Zeit/Weg-Diagramm zeigt, aufgrund welcher Bedingungen von einem Schritt in den nächsten geschaltet wird und welche Ausgänge dabei aktiviert werden.

Mit der Steuerung in Figur 4 kann von diesem Diagramm ausgehend direkt programmiert werden.

Die Programmierung beruht auf den Worten der Umgangssprache. Jeder

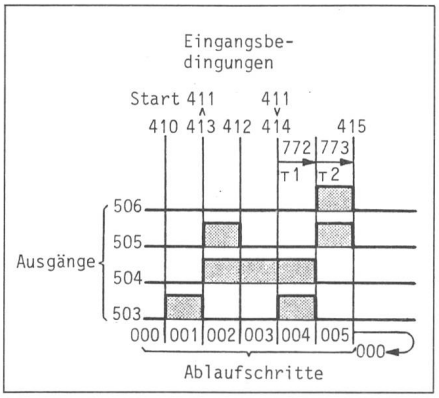


Fig. 5 Darstellung einer Steuerungsaufgabe im Zeit/Weg-Diagramm

Tabelle I

Instruktion	Adresse	Bedeutung	
L; LN	...	Load, Load Not	- Wenn, Wenn Nicht
A; AN	...	And, And Not	- Und, Und Nicht
O; ON	...	Or, Or Not	- Oder, Oder Nicht
=; =N	...	Equal, Equal Not	- Dann, Dann Nicht

Programmierbefehl besteht aus einer Instruktion und einer Adresse. Mit nur vier Instruktionen werden alle Aufgaben der Verknüpfungslogik gelöst (Tabelle I).

4. Schrittzählertechnik und Fehlerdiagnostik

Im erwähnten Beispiel kommt die Schrittzählertechnik zur Anwendung. Sie bietet dem Anwender viele Vorteile vom Pflichtenheft bis zur Inbetriebsetzung.

Erfahrungen zeigen, dass die meisten Maschinen und Anlagen mindesten teilweise sequentiell arbeiten. Das heisst, ein Arbeitsgang beginnt jeweils erst, wenn der vorhergehende beendet ist. Der Ablauf solcher Folgen nacheinander und/oder parallel ergibt die Gesamtfunktion.

Bei SPS wird nun der gegebene mechanische Ablauf einfach schrittweise programmiert. Jeder Einzelfunktion wird in logischer Folge eine Stellung (Zahl) eines Schrittzählers zugeteilt. Nach der sich ergebenden Schrittfolge, die sich am angezeigten Zählerstand exakt verfolgen lässt, werden entsprechend dem Programm Eingänge abgefragt und Ausgänge aktiviert. Dabei ist es möglich, praktisch beliebig viele Parallelabläufe zu programmieren.

Nur durch echte Schrittzählertechnik ergeben sich ferner folgende wichtige Vorteile:

- Wesentlich erhöhte Betriebssicherheit, da nur die momentan notwendigen Bedingungen den nächsten Schritt auslösen können.
- Funktionen, welche nicht durch die Schrittfolge gewünscht sind, werden automatisch gesperrt.
- Ein Einzelschrittbetrieb inkl. sämtliche Verriegelungen kann automatisch mitprogrammiert werden, was die Inbetriebnahme wesentlich erleichtert und den mechanischen Risikofaktor reduziert.
- Vollständige Fehlerdiagnostik.

Durch die direkte Adressierung der Schrittzähler ergibt sich nicht nur eine übersichtliche und genaue Ablaufanzeige der gesteuerten Vorgänge, sondern in Verbindung mit den Schnittstellenanzeigen der Ein- und Ausgänge auch eine eindeutige Analyse- und Ferndiagnosemöglichkeit. Unerwünschte Vorkommnisse im gesteuerten Ablauf werden durch geeignete Programmierung ferner direkt auf den Schrittzählern angezeigt (z.B. Temperatur überschritten, Druck zu gering, Endschalter xy defekt usw.). Dieser Vorteil kann auch bei nicht sequentiellen Abläufen voll genutzt werden. Erfahrungsgemäss werden dadurch Servicekosten erheblich gesenkt.

5. Schlussfolgerung

Um von der Planungsphase bis zur Realisierung alle Vorteile einer speicherprogrammierbaren Steuerung nutzen zu können, ist ein sauberes und konsequentes Arbeiten notwendig. Durch die klare Struktur und die definierte Leistung einer SPS werden dazu in den meisten Fällen beste Voraussetzungen geboten.

Nach der Realisierung bieten SPS in der Betriebsphase erhebliche Vorteile bezüglich Sicherheit, Komfort und nicht zuletzt bei Störungen und Service. Sie sind von der modernen Steuerungstechnik deshalb nicht mehr wegzudenken.

Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE)

29. Session vom 1. bis 9. September 1982 in Paris*)

Trotz der weltweit wirtschaftlich wenig erfreulichen Situation beteiligten sich an der diesjährigen Session der CIGRE wieder mehr als 2300 Teilnehmer, so dass die Teilnehmerzahl auf dem Stand der Sessionen 1978 und 1980 gehalten werden konnte. Die Zahl der registrierten Teilnehmer aus der Schweiz ging jedoch von 144 im Jahr 1980 auf 122, d.h. um 15% zurück.

Die Konferenz wurde vom französischen Industrie- und Forschungsminister *Jean-Pierre Chevènement* eröffnet. Unmittelbar anschliessend wurde eine Informationstagung durchgeführt, zu der 181 Persönlichkeiten aus 25 Ländern und 5 internationalen Organisationen eingeladen wurden. Aus der Schweiz nahmen 5 Herren aus der Elektrizitäts-Industrie und -Wirtschaft teil. Durch Referate über die zukünftige Entwicklung der Elektrizität in den Industrie- und Entwicklungsländern sowie einen Überblick des Präsidenten der CIGRE, Prof. *Guck*, über die Zielsetzungen und Aktivitäten der CIGRE wurde versucht, die CIGRE einem breiteren Kreis bekannt zu machen.

Zu den insgesamt 44 Sujets préférentiels wurden 186 Rapporte eingereicht, die von den 15 Comités d'Etudes anlässlich ihrer Sitzungen durch eine grosse Zahl vorbereiteter sowie spontaner Beiträge diskutiert wurden. Das Schwergewicht lag deutlich beim Comité 32 (Exploitation, commande et réglage des réseaux), das 25 Rapporte und über 60 Beiträge bearbeiten musste.

Die *Assemblée générale* nahm am 7. September den Bericht des Conseil d'Administration über die CIGRE-Aktivität 1980/81 entgegen und akzeptierte die Rechnung und Bilanz für die Berichtsperiode. Im Hinblick auf die weiter zu erwartende Teuerung in Frankreich wurde eine angemessene Erhöhung der Mitgliederbeiträge per 1.1.1983 beschlossen. Im Conseil d'Administration traten Mutationen bei verschiedenen Vertretern von Nationalkomitees ein, die von der Assemblée générale einstimmig akzeptiert wurden.

Der *Conseil d'Administration* bestätigte anlässlich seiner Sitzung vom 8. September Prof. *R. Guck* als Präsidenten der CIGRE. Als Nachfolger von W.P. Williams wurde *K. Abegg* zum Trésorier gewählt. Prof. *L. Paris* wurde als Präsident des Comité Technique bestätigt, und an Stelle von J. Keller-Jacobsen und W.R. Tackaberry wurden *M. Couvreur* und *N. Yamada* neu als Mitglieder dieses Komitees gewählt.

Am 6. September trafen sich die in Paris anwesenden Mitglieder des Schweizerischen Nationalkomitees der CIGRE und die Schweizer Mitglieder in Comités d'Etudes und deren Arbeitsgruppen zu einer gegenseitigen Information und kurzen Aussprache. Zur Freude aller Anwesenden konnten zu diesem Anlass auch *G. Glatz*, früherer Präsident des Nationalkomitees, und Dr. *H. Meyer*, früher Präsident des Comité Technique, begrüsst werden.

Die ELECTRA, das Publikationsorgan der CIGRE, vermittelt mit ihrer Auflage von 5000 Stück (6 Ausgaben pro Jahr) und ihrer Verbreitung in 60 Ländern bei ausgewiesenen Spezialisten auf dem Gebiet der Hochspannungstechnik Wissenswertes über die Arbeit der Studienkomitees der CIGRE und über allgemeine Grundsatzprobleme. Es wird darauf hingewiesen, dass Inserate auch für die ELECTRA lebenswichtig sind. (Auskünfte: SEV, Schweiz. Nationalkomitee der CIGRE.)

Das Schweizerische Nationalkomitee der CIGRE dankt seinen Delegierten in den Comités d'Etudes und deren Arbeitsgruppen für ihre Mitarbeit sowie allen Autoren für ihre Rapporte und den Referenten für ihre Beiträge an der CIGRE 1982. Dank gebührt aber auch unseren Kollektivmitgliedern, die durch ihre Unterstützung wesentlich zum erfolgreichen weltweiten Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet der elektrischen Energie-Erzeugung und -Übertragung beitragen.

Karl Abegg

*) Bericht über die CIGRE-Session 1980 s. Bull. SEV/VSE 71(1980)23, S. 1309...1315.

Diskussionsgruppe 11, Rotierende Maschinen

Präsident: *G. Ruelle* (Frankreich)
Rapporteur spécial: *R. D. Kranz* (Schweiz)

Vorzugsthema I: Verfügbarkeit

Zum erstenmal wurde das Thema Verfügbarkeit in dieser Gruppe diskutiert. Zunächst wurde nach Definitionen gesucht. Verfügbarkeit kann durch verschiedene Parameter dargestellt werden. Die Wünschbarkeit international anerkannter Definitionen wurde allgemein zum Ausdruck gebracht. Dabei wurden die vier Kriterien, die von der Arbeitsgruppe 11-08 vorgeschlagen wurden, nämlich «Unavailability» (Nichtverfügbarkeit, Verhältnis aus den Stunden, in denen die Maschine nicht verfügbar war, zu den gesamten Stunden einer definierten Periode), «Forced Outage Rate» (erzwungene Ausfallrate, Verhältnis aus den erzwungenen oder unvorhergesehenen Ausfallstunden zur Summe aus Betriebsstunden und erzwungenen Ausfallstunden), «Meantime to Failure», MTTF (mittlere Zeit bis zu einem Schaden, Verhältnis aus den Betriebsstunden zur Zahl der erzwungenen Ausfälle), «Meantime to Repair», MTTR (mittlere Reparaturzeit, Verhältnis aus der Ausfallzeit zur Zahl der erzwungenen Ausfälle) allgemein befürwortet. Sie können, da sie mathematisch darstellbar sind, als Grundlage für das Sammeln von Verfügbarkeitszahlen verwendet werden. Jedoch muss für Vergleichszwecke erkannt werden, dass solche Zahlen leicht irreführen können, da eine Reihe von Randbedingungen keine Berücksichtigung finden. Dazu gehören der Unterhalt, die Art des Betriebes, die Ersatzteilhaltung und der Einsatz bei der Reparatur.

Statorwicklungskeile, die lose werden, können Vibrationen des Stabes in der Nut verursachen und zu Isolationsschäden führen. Falls die Stromdichte in den Stäben die Grössenordnung derjenigen von Turbogeneratoren erreicht, z.B. bei direkter Wasserkühlung, ist die gleiche Art der Nutverkeilung zu empfehlen wie bei Turbogeneratoren. Verschiedene Nutverkeilungssysteme sind erfolgreich im Betrieb. Ihre Wahl hängt u.a. vom Kühlsystem ab. Insbesondere in der ersten Betriebszeit findet ein Setzungsvorgang des Stabes statt. Eine Kontrolle der Verkeilung und evtl. eine Nachverkeilung scheinten sich zu empfehlen.

Extreme Verfügbarkeitsforderungen werden an Motoren gestellt, die in Kernkraftwerken an unzugänglichen Orten aufgestellt sind und dazu noch besonderen Bedingungen wie Feuchtigkeit, hohen Umgebungstemperaturen oder Strahlung ausgesetzt sind.

Vorzugsthema II: Überwachung während des Betriebes

Zur Erhöhung der Verfügbarkeit werden mehr und mehr Überwachungssysteme eingeführt. Dabei nimmt die Zahl der Informationen für das Betriebspersonal zu. Der Einsatz von Mikrocomputern erlaubt nun, Messdaten in grosser Menge zu verarbeiten und dem Betriebspersonal nur diejenigen Informationen zu präsentieren, die für den Betrieb nötig sind. Diese Informationen müssen in zwei Kategorien unterteilt werden, in solche, die zur sofortigen Handlung zwingen, und in solche, die eine langsame Veränderung im Verhalten anzeigen. Letztere sind eher für den Unterhalt von Bedeutung. Die Überwachung durch spezielle Messungen kann laufend im Betrieb oder während geplanten Unterbrüchen erfolgen. Es zeigt sich zwar eine gewisse Tendenz zur ständigen Überwachung, die Messmethodik spricht jedoch häufig für Überprüfungen im Stillstand, wofür auch neue Systeme entwickelt wurden.

Vorzugsthema III: Neue Entwicklungen

Ein ständiges Thema befasst sich mit neuen Entwicklungen. Hier nehmen die supraleitenden Generatoren einen besonderen Platz ein. In einer Reihe von Ländern sind Prototypen im Bau oder bereits im Laborbetrieb. Ermunternde Ergebnisse solcher Versuche wurden vorgestellt. Da die Abmessungen dieser Maschinen wesentlich kleiner sind als die von konventionellen Maschinen, ist zu erwarten, dass im Gigawatt-Bereich die Konkurrenzfähigkeit erreicht wird. Aber erst industrieller Betrieb in einem Kraftwerk wird die Verfügbarkeit beweisen können.

Um in einem Kavernenkraftwerk den Ausbruch für die Transformatorengalerie zu sparen, wurde ein 14,5-MW-Wasserkraftgenerator mit einer Klemmspannung

von 110 kV gebaut. Isoliertechniken vom Trafobau und von SF_6-Geräten wurden angewendet.

Die Zahl der in Betrieb stehenden Generatoren mit wassergekühlten Stator- und Rotorwicklungen wächst weiter. Die niedrige Temperatur der Wicklungen erlaubt hohe Leistungsschwankungen ohne Einfluss auf die Längsausdehnung der Wicklungen. Die Verfügbarkeit dieser Generatoren kann heute als gleichwertig mit derjenigen von gasgekühlten Maschinen angesehen werden.

Die CIGRE führt vom 22. bis 24. November 1983 in Rio de Janeiro ein *Symposium über Wasserkraftgeneratoren und Synchronkondensatoren* durch. Weltweit läuft gegenwärtig der Aufruf, Berichte zu den Themen

- Ausserordentliche Ausführungen im letzten Jahrzehnt
- Technische Probleme speziell bei Wasserkraftgeneratoren und in Verbindung mit der Turbine
- Qualität und Verfügbarkeit
- Aussichten auf künftige, konstruktive Entwicklungen

für dieses Symposium einzureichen.

R. D. Kranz

Diskussionsgruppe 12, Transformatoren

Präsident: *W. Dietrich* (BRD)
Rapporteur spécial: *D. J. Ryder* (UK)

Vorzugsthema I: Extra-High-Voltage (EHV) und Ultra-High-Voltage (UHV) Transformatoren und Shunt-Reaktoren

Resonanzerscheinungen

Die genaue Spannungsverteilung innerhalb der Wicklung bei Frequenzen von 10...200 kHz kann die Möglichkeit von Resonanzen aufzeigen. Dies ist bei Netzüberspannungen dann besonders gefährlich, wenn ihr Frequenzbereich den Wicklungs-Eigenfrequenzen nahe kommt. Indessen besteht keine Gefahr, wenn der Dämpfungsfaktor der Überspannung gross genug ist (z.B. >0,22) oder wenn das Wurzelverhältnis der Wicklungskapazitäten folgenden Grenzwert nicht überschreitet:

$$\sqrt{C_{Erdk.} / C_{Seriek.}} \leqq 3$$

Keine der normalisierten Prüfungen deckt ein Resonanzrisiko ab. Die Aufnahme einer diesbezüglichen Zusatzprüfung wurde jedoch wegen der geringen Wahrscheinlichkeit eines solchen Zwischenfalles nicht erwogen. Aber es scheint wichtig, dass der Hersteller die Eigenfrequenzen der Wicklungen ermittelt. Speziell bei Dreiwicklungstransformatoren muss man der mittleren Wicklung besonderes Augenmerk schenken. Ebenso wesentlich ist es aber, dass der Benützer sein Netz gut kennt, was im Bestellungsfalle wichtig sein kann. Die neue Arbeitsgruppe WG 12-07 trägt die bisherigen Erfahrungen zusammen und publiziert sie nach Überarbeitung.

Elektrische Betriebsbeanspruchung

Die elektrische Betriebsbeanspruchung unter Berücksichtigung des dazwischen liegenden Transportes von UHV-Grosstransformatoren muss im Zusammenhang mit dem Ableiter-Schutzpegel sehr individuell studiert werden. Besondere Beachtung ist dabei den Oberflächen-Kriechwegen der festen Isolation zu schenken; die Ölbeanspruchung in den Kanälen eines guten Barrierensystems um die Wicklungen herum wird eher gemildert.

Strombegrenzung

Die Kurzschluss-Strombegrenzer, welche sowohl den Effektivwert als auch die transiente Stromspitze herabsetzen, erlauben eine weitere Reduktion der Transformatorkosten.

Transport

Wenn die Dimensionen oder die Masse zu gross werden, gibt es zwei Transportmöglichkeiten:

- Aufteilung der Leistung in einphasige oder in zwei Drehstromeinheiten (die Mehrkosten werden teilweise kompensiert durch den billigeren Austausch und die kostengünstige Reservehaltung).
- Demontage und Wiedermontage des Transformators anlässlich des Transportes (Feuchtigkeitsaufnahme; Wiedertrocknung und Prüfung auf der Anlage erforderlich; andererseits Kostenvorteil bei Reparaturen).

Shunt-Reaktoren

Für die Prüfung von EHV- und UHV-Einphasen-Einheiten verwendet man ausser der Serien-Resonanz-Methode öfters auch einen Transformator mit primärseitig kapazitiv kompensierter Anspeisung.

Bei Dreiphaseneinheiten, welche teilweise bis zu 550 kV Netzspannung angewendet werden, erfolgt die Impedanz- und Verlustmessung dreiphasig.

Vorzugsthema II: Technische Untersuchungen und vorbeugende Wartung für grosse Transformatoren

Zuverlässigkeit

Die diesbezügliche WG 12-05 hat in 13 Ländern (inklusive Schweiz) 47 000 Transformatoren (<700 kV Netzspannung) erfasst und dabei etwa 1000 Fehler registriert, was einem Mittelwert von etwa 2% entspricht. Autotransformatoren weisen durchschnittlich die doppelten Prozentsätze an Defekten auf, weiter liegen die Ausfallraten der geregelten Einheiten über jenen der ungeregelten. Bei sehr hohen Spannungen und grossen Leistungen ist ebenfalls eine steigende Fehlertendenz (etwa 6%) zu verzeichnen. «ELECTRA» bringt in Kürze einen abschliessenden, zusammenfassenden Bericht.

Zahlreiche Redner verwiesen auf die ständig zunehmende Bedeutung der Transformatoren-Zuverlässigkeit im Hinblick auf die steigenden Kosten und die Betriebssicherheit speziell der unbewachten Anlagen. Diesen Bestrebungen wird man einerseits durch «vorbeugende Massnahmen» in der Konzeption und andererseits durch «nachfolgende Kontrollen» gerecht.

Vorbeugende Massnahmen

Wahrscheinliche und effektive Fehler sollen schon im Herstellwerk eliminiert werden, da die Behebung dort einfacher, sicherer und auch billiger ist. Dafür müssen aber weder neue Prüfungen eingeführt noch die Sicherheitsmargen erhöht werden (Langzeit-Erwärmungsläufe mit «Heisspunkttesten», Verfeinerung der Gasanalysen, genauere TE-Ortungen, allgemeine Kontrollen). Weiterhin sollten bei Serien die Ersteinheiten oder Prototypen besonders strengen und vollständigen Kontrollen unterworfen werden; eine entsprechende Qualitätssicherung müsste dann die Folgeobjekte abdecken.

Die Werksprüfungen sind so betriebsnahe wie möglich auszuführen, dies gilt besonders für Erwärmungsläufe und die damit verbundenen «Hot-Spot-Messungen». Schliesslich ist dem Zubehör und den Hilfsbetrieben erhöhte Beachtung zu schenken, da diese zahlenmässig die grösste Fehlerrate aufweisen (Lastregelschalter, Durchführungen, Kühleinrichtungen, Schutz- und Überwachungsgeräte).

Nicht zu vergessen ist weiterhin eine eventuelle Qualitätsminderung durch den Transport und die nachfolgenden Endmontagen einschliesslich der Ölmanipulation auf der Anlage (dies gilt auch speziell für die Durchführungen mit Luftkissen im Kopfteil).

Von der Konzeption her wäre zu beachten, dass die Nenndaten des Zubehörs gut mit jenen der Transformatoren koordiniert werden müssen. Ebenso wichtig ist es aber, die Alterung der Teilelemente, besonders der Isolation, richtig einzuschätzen und die entsprechenden Ausgangswerte dazu in eine realistische Relation zu bringen (starke elektrische Felder in thermisch hoch beanspruchten Zonen).

Nachfolgende Kontrollen

Der Wert der Überwachung des Öles durch Gasanalyse steigerte sich mit zunehmender Erfahrung. Es wurden nicht nur die Empfindlichkeit, sondern auch die Handhabung der teils tragbaren Apparate verbessert. Heute ist man eher in der Lage, den störenden Einfluss des Sauerstoffes zu beurteilen bzw. zu substituieren. Auch für die Durchführungen wäre eine vermehrte Gasanalyse-Überwachung auf internationaler Basis wünschenswert.

Die Lokalisierung von Teilentladungen im Betrieb ist einerseits möglich mittels Ultraschall (Kesselvibrationen vermindern die Anzeige-Empfindlichkeit) und andererseits auf elektrischem Wege (Probleme bei Eliminierung der Störeinflüsse, Abschirmungen, Filter). Die Ultraschallmethode hat grosse Fortschritte gemacht und ist eine wertvolle Ergänzung zu der üblichen elektrischen TE-Messung, ebenso wie der Einsatz von Mikroprozessoren.

Zur direkten «Hot-Spot-Messung» in Wicklungen wurden ebenfalls Apparate entwickelt, welche die Isolationsfestigkeit nicht herabsetzen sollen; eine gewisse Skepsis war allerdings nicht zu überhören (Sensoren auf Dampfdruckbasis, Reflexe durch Lichtsignale auf Kristalle, Isolierleitungen etwa 1 mm ∅). Zunächst erfolgte die Anwendung bei Modellen zu Kontrollzwecken, man glaubt aber innerhalb von 5 Jahren an den Einsatz bei Transformatoren zur Erwärmungskontrolle sowie zur Überlaststeuerung.

Allgemeines Thema

- Verlustkapitalisation in Relation zur Transformator-Typenleistung. Induktions-Absenkungen sind erst ab 2000 $/kW Eisenverlust-Kapitalisierung wirtschaftlich. (Ähnliches gilt bei extrem niedrigem Geräuschpegel.)
- Einfluss des Pflichtenheftes auf den Transport.
  Mitunter ist durch Dimensions- oder Masse-Überschreitung des Transport-Schwerstteiles eine Gesamtkonzept-Änderung nötig (Aufsplitterung der Leistung).
- Einfluss des Pflichtenheftes auf die Normen.
  Eine enge Zusammenarbeit zwischen Hersteller und Anwender liegt sicherlich in beidseitigem Interesse (vorgeschriebene Beanspruchungen; Forderungen auf ein Minimum beschränken; einvernehmliche Aufnahme in die Spezifikation; Wirtschaftlichkeitstudie durch den Hersteller; bei positivem Resultat eventuelle Aufnahme in die Normen).
- Lieferantenauswahl bei Höchstspannungsprojekten (800 kV).
  Hier ging es hauptsächlich um die Zuverlässigkeit der Transformatoren (Erfahrung, Garantie, Reserve). Dr. *J. Kreuzer*

Diskussionsgruppe 13, Schaltgeräte

Präsident: Prof. Dr. *E. Slamecka* (BRD)
Rapporteur spécial: *E. Ruoss* (Schweiz)

In dieser Gruppe wurden wiederum drei Sujets préférentiels behandelt.

Vorzugsthema I: Gas-isolierte, metallgekapselte Schaltgeräte

Zwei Problemkreise standen im Vordergrund. Der erste betrifft die Beanspruchungen, welche beim Ausschalten von Kurzschlussströmen in metallgekapselten Schaltern auftreten. Das elektrische Feld und damit die elektrische Festigkeit gegen die Kapselung ändern sich während des Unterbrechungsvorganges. Dies wird bei der Auslegung der Schalter berücksichtigt. Berechnungsprogramme für die elektrischen Felder erlauben es, eine optimale Auslegung der Schalterkontaktanordnungen mit entsprechenden Abschirmungen zu finden.

Während des Kurzschluss-Ausschaltvorganges könnten die heissen Lichtbogengase das Ausschalt- und Isoliervermögen unvorteilhaft beeinflussen. Um das Verhalten der Geräte unter solchen Bedingungen prüfen zu können, wurden spezielle ein- und dreiphasige Kurzschluss-Prüfkreise entwickelt. Damit können sowohl bei einphasig gekapselten Mehrkammerschaltern wie auch bei dreiphasig gekapselten Schaltern die konstruktiven Massnahmen zur Verhinderung irgendwelcher Beeinflussungen durch Auspuffgase überprüft werden.

Der zweite diskutierte Problemkreis betrifft das Schalten von kleinen kapazitiven Strömen mit metallgekapselten Hochspannungstrennern, z.B. das Wegschalten eines Sammelschienenstückes. Es können dabei Überspannungen im µs- und ms-Bereich auftreten, deren Höhe von den charakteristischen Daten der Anlage, jedoch auch von den Merkmalen des Trenners abhängen. Verschiedene Versuche, um das zuverlässige Arbeiten solcher Trenner zu überprüfen, sind vorgeschlagen, wie z.B. Ein- und Ausschalten von Ladeströmen von 300 bis 1000 mA, Phasenoppositions-Schaltversuche und sog. «sparking tests».

Die Phänomene beim Schalten von kleinen kapazitiven Strömen treten auch in konventionellen Anlagen auf, haben aber dank der grösseren Ausdehnung und andern Anlageparametern nicht die gleiche Bedeutung wie im GIS.

Vorzugsthema II: Schaltgeräte im Spannungsbereich 3,6 bis 72,5 kV

Eine «Task Force» des Studienkomitees 13 untersuchte die transienten wiederkehrenden Spannungen nach Kurzschluss-Ausschaltungen in Mittelspannungsnetzen. Daraus resultierte, dass die heute von der CEI spezifizierten Werte den Grossteil der Anwendungen abdecken. Spezialfälle, wie Einspeiseschalter hinter grossen Transformatoren oder beim Schalten von Strombegrenzungsdrosseln, bedürfen jeweils einer besonderen Betrachtung, wie dies in den CEI-Empfehlungen auch vermerkt ist.

Für Generatorschalter sind die CEI-Schalterregeln nur zum Teil anwendbar. Solche Schalter werden für die höchsten Kraftwerksblockleistungen gebaut, d.h. für Nennströme von bis zu 40 kA und Kurzschlussströme von 250 kA. Bei Generatorschaltern treten die grössten Steilheiten der wiederkehrenden Spannungen, im Gegensatz zu Schaltern in Verteil- und Übertragungssystemen, bei den grössten Kurzschlussströmen auf. Untersuchungen zeigten, dass diese im Maximum bei 6 kV/µs liegen. Eine «Task Force» des Studienkomitees 13 wird in der nahen Zukunft versuchen, möglichst viele entsprechende Daten zusammenzustellen und zu klassieren.

Das Problem von fehlenden bzw. verzögerten Nulldurchgängen bei den von Generatoren herrührenden Kurzschlussstrom-Anteilen kann sowohl bei den unter- wie oberspannungsseitigen Generatorschaltern auftreten. Der Grund liegt am langsamen Abklingen der Gleichstromkomponente.

Der Lichtbogenwiderstand, der beim Öffnen der Schalter in den Kreis eingeschaltet wird, erzwingt innert nützlicher Zeit Nulldurchgänge. Da solche Bedingungen in Prüflabors nicht voll nachgebildet werden können, werden solche Versuche durch Computersimulationen unterstützt, d.h. das Prinzip der Computer-unterstützten Versuche (CAT = Computer Aided Testing) angewandt.

Eine grössere Zahl von Diskussionsbeiträgen befasste sich mit Mittelspannungs-Vakuum-Schaltern. Sie betrafen hauptsächlich das dielektrische Verhalten nach Schalthandlungen bei Anwendung der allgemein für Schaltgeräte durch die CEI empfohlenen Prüfmethoden. Im weitern drehte sich die Diskussion um Vor- und Nachteile der Anwendung von externen und internen magnetischen Feldern zur Verbesserung des Schaltvermögens.

Vorzugsthema III: Einfluss der steigenden Kurzschlussströme in den Netzen auf die Schaltgeräte

Die Kurzschlussströme scheinen trotz weiterem Netzausbau einer oberen Grenze zuzustreben, die aber nicht genau angegeben werden konnte. Man ist interessiert, diese nicht auf zu hohe Werte ansteigen zu lassen, weshalb entsprechende Massnahmen in den Netzen vorgesehen werden. Um die Schalter für die steigenden Anforderungen auszulegen, gibt es verschiedene Mittel, wie Druckerhöhungen, Anpassung der Antriebskraft bei SF_6-Kolbenschaltern, optimale Auslegung der Unterbrechereinheiten usw. Solche Massnahmen erlauben es, Schaltgeräte für erhöhte Anforderungen zu bauen. *E. Ruoss*

Diskussionsgruppe 14, Gleichstromverbindungen

Präsident: *L. A. Bateman* (Kanada)
Rapporteur spécial: *T. E. Calverley* (UK)

In der Gruppe 14 waren 1982 sieben Fachberichte vorgelegt worden, und zwar über folgende Themen:

- Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit aller Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs-(HGÜ-)Anlagen
- Betriebserfahrungen
- Cabora Bassa
- neue HGÜ-Anlagen
- Acaray
- England/Frankreich
- Ventile für die Kurzkupplung Dürnrohr und die Konstruktion eines erdbebenfesten Ventils für das Intermountain Power Project im Westen der USA.

Aus den USA wies ein weiterer Fachbericht in die weitere Zukunft:

- ein Regelverfahren für HGÜ-Mehrpunkt-Systeme.

In seiner Einleitung zur Diskussion gab L. Bateman einen geschichtlichen Überblick über die HGÜ, deren 100. Jubiläum im nächsten Jahr begangen wird. Bis 1987 werden mehr als 20 000 MW HGÜ-Leistung weltweit installiert sein. Den Beweis ihrer Zuverlässigkeit habe die HGÜ in der Provinz Manitoba geliefert, wo etwa 70% der gesamten Leistung über HGÜ angeliefert werden.

Vorzugsthema I: Integration der Drehstrom- und HGÜ-Systeme
(19 Diskussionsbeiträge)

In mehreren Beiträgen wurde das Regelungssystem für HGÜ-Mehrpunktnetze diskutiert. Das Ziel ist weitgehende Unabhängigkeit von Telekommunikationssystemen bei günstigerem Betriebsverhalten in Störungsfällen.

Eine interessante Diskussion ergab sich über die Filterkreisauslegung und die Vorteile der ausschliesslichen Verwendung gedämpfter Hochpassfilter. Unempfindlichkeit gegenüber Verstimmung und Vermeidung von Resonanzen zwischen Netz und Filtern für nicht-charakteristische Harmonische niedriger Ordnungszahlen werden als Vorteile angegeben.

Die höheren Verluste als Preis für das gute Betriebsverhalten müssen dagegen aufgewogen werden.

Eine weitere Frage betraf die dynamische Überspannung und deren mögliche Begrenzung durch statische Kompensatoren.

HGÜ am Netz niedriger Kurzschlussleistung
(12 Beiträge)

A. Gavrilovic gab eine Einführung in das Thema und wies auf die verschiedenen Auswirkungen einer am Anschlusspunkt der HGÜ gegebenen relativ geringen Kurzschlussleistung hin. Als Abhilfe bieten sich statische Kompensatoren oder, bei extrem ungünstigen Verhältnissen, auch rotierende Phasenschieber an. Diese Einführung löste eine lebhafte Diskussion aus.

Eine generelle Aussage darüber, wo die Grenzen der Anschlussmöglichkeiten liegen, scheint derzeit noch nicht möglich zu sein. Sicher ist aber, dass statische Kompensatoren ihren Platz bei der Bewältigung dieser Probleme finden werden.

In der weiteren Zukunft dürfte auch der selbstgeführte Stromrichter als Lösung in Frage kommen.

Vorzugsthema II: Betriebserfahrungen
(13 Beiträge)

Diese Diskussion wurde anhand des Berichts der Arbeitsgruppe WG 14-04 geführt. Das Betriebsverhalten der Anlagen ist speziell bei den Thyristoranlagen sehr zufriedenstellend. Zu *Cabora Bassa* war die Feststellung des Betreibers bemerkenswert, dass trotz Problemen das Betriebsverhalten der Anlage als sehr gut zu bezeichnen ist und man daher im Bedarfsfalle nicht zögern werde, eine zweite HGÜ zu installieren.

Vorzugsthema III: Entwicklung und Prüfung von HGÜ-Einrichtungen
(11 Beiträge)

Kritische Fragen der Konstruktion eines erdbebenfesten Ventils wurden hinsichtlich Kosten und Platzbedarf sowie erhöhter Risiken durch die zusätzlichen Isolationsstrecken gegen Erdpotential gestellt.

Zum Themenkreis Prüfung ging die Diskussion weit über die Prüfung der Ventile für die Kurzkupplung Dürnrohr hinaus. Für und wider von synthetischen Prüfschaltungen und andere Möglichkeiten wurden kritisch behandelt.

In zwei Diskussionsbeiträgen wurde auf die Bedeutung der Prüfung von Steuerungs- und Regelungseinrichtungen für HGÜ-Anlagen auf einer Modellanlage hingewiesen.

J. Käuferle

Diskussionsgruppe 15, Isoliermaterialien

Präsident: *N. Darkman* (UK)
Rapporteur spécial: *C. W. Reed* (USA)

Das Studienkomitee 15, Isoliermaterialien, tagte am 6.9.1982. Vierzehn eingereichte Berichte wurden an der Sitzung diskutiert. Die Einteilung erfolgte nach den folgenden drei Vorzugsthemata:

- Alterung elektrischer Isoliermaterialien (49 Diskussionsbeiträge)
- Neue flüssige Isolierstoffe (11 Diskussionsbeiträge)
- Isolation durch komprimierte Gase bei hohen Feldstärken (10 Diskussionsbeiträge)

Die meisten der eingereichten Berichte (11) befassten sich mit dem erstgenannten Thema, das grosse Interesse reflektierend, welches heute insbesondere den extrudierten Isolationen entgegengebracht wird, aber auch das Bewusstsein der spezifischen Alterungsprobleme dieser Materialien.

Vorzugsthema I: Alterung elektrischer Isoliermaterialien

Bei *Mica-Systemen* wurde der Frage des «multi-stress aging» grosse Bedeutung zugemessen. Dabei geht es um die gleichzeitige Anwendung verschiedener Arten von Belastung (mechanisch, thermisch, elektrisch) und um die Frage, welche dieser Belastungen man akzelerieren müsse, um eine möglichst aussagekräftige Information über das Betriebsverhalten zu erhalten. In dieser Frage waren sich die Autoren und Diskussionsteilnehmer noch nicht einig. Dies ist verständlich, wenn man bedenkt, dass auch bei den einfachsten Experimenten mit nur einer Belastungsart noch grosse Probleme mit der Reproduzierbarkeit bestehen. Eine Voraussage der Lebensdauer einer Isolation aus den gemessenen Teilentladungen ist nach wie vor nicht möglich; jedoch scheint man sich darüber einig zu sein, dass es ein Teilentladungsniveau gibt, unterhalb dessen die Lebensdauer des Materials nicht mehr negativ beeinflusst wird.

Durch die Verwendung von thermoplastischen Bändern (Polyester) zwischen den Mica-Schichten wurde eine höhere Lebensdauer der Isolation erreicht. Man erklärt sich dies entweder durch die Reduktion der Teilentladungen oder durch den mechanischen Schutzeffekt für die Mica-Lamellen, die die thermoplastischen Bänder bewirken.

Im Zusammenhang mit den *extrudierten Isolationen* wurden bei den experimentellen Techniken grosse Anstrengungen unternommen, vor allem mit dem Ziel, die Lebensdauer der Isolation aus Kurzzeittests genügend genau voraussagen zu können.

Neben den klassischen Tests wurden vor allem die Methoden der Differentialthermoanalyse (DTA), Differential Scanning Calorimetry (DSC), Gaschromatographie (GC), Elektronenspinresonanz (ESR) und Kernresonanz (NMR) auf ihre Eignung für die Voraussage der Lebensdauer der Isolation untersucht. Die DSC erlaubt eine Bestimmung der thermischen Vorgeschichte des Materials (Kristallinität, Vernetzungsgrad). Die Korrelation der mit den genannten Messverfahren erreichten Resultate mit der Lebensdauer bleibt jedoch noch zu präzisieren.

Neben den experimentellen Techniken wurde der Frage der Übertragbarkeit von mit Modellen erhaltenen Resultaten auf wirkliche Verhältnisse (z. B. Kabel) grosses Gewicht beigemessen. Einheitlich herrschte die Meinung vor, dass für den Fall von Kabeln den zylindrischen Modellen der Vorzug zu geben sei, obwohl auch hier noch Vorsicht mit der Übertragung auf wirkliche Kabel geboten ist.

Bei den Untersuchungen über *Öl-Papier-Dielektrika* standen Untersuchungen im inhomogenen Feld im Vordergrund. Es zeigte sich, dass Öl wenig empfindlich gegenüber Stossbeanspruchung, Papier aber ziemlich unempfindlich gegenüber Wechselspannungsbeanspruchung ist. Die Bestimmung des bei der Zersetzung dieses Dielektrikums entstehenden Gases (CO, CO_2) ermöglicht eine präzisere Erfassung des Depolymerisationsgrades. Einige Arbeiten befassten sich auch mit der Erfassung kleinster Teilentladungen in mikroskopischen Poren. Diese sind einer, aber nicht der einzige Grund für das Materialversagen. Über die Höhe der Schwelle, unterhalb welcher die Teilentladungen die Lebensdauer des Materials nicht mehr beeinflussen, herrscht noch keine Einigkeit.

Vorzugsthema II: Neue flüssige Isolierstoffe

Mit diesem Thema befasste sich nur eine Arbeit, in welcher es um die Evaluation parafinischer Mineralöle geht, als Substitution für die naphtenischen Öle, bei denen ein Mangel vorausgesehen wird. Das Problem liegt bei den paraffinischen Ölen im höheren Tropfpunkt. Durch Anwendung von Tropfpunkt-Erniedrigungsmitteln können die Eigenschaften der naphtenischen Öle wieder weitgehend erreicht werden.

Vorzugsthema III: Isolation durch komprimiertes Gas (SF_6)

Zwei Arbeiten befassten sich mit diesem Thema. Für die Definition von Spannungs-Zeit-Kurven müssen das kritische Volumen, die Spannung sowie die anstiegs- und Abfallszeiten berücksichtigt werden. Versuche an Modellen ergaben eine gute Voraussage der wirklichen Verhältnisse. Die Resultate weisen eine gute Reproduzierbarkeit auf, hängen aber von vielen Faktoren ab, wie z. B. der Feuchtigkeit, dem Vorhandensein von Fremdpartikeln, der Polarität der Spannung. Es wurde über eine neue Art der Standardisierung der Präsentation von

Spannungs-Zeit-Messungen an komprimierten Gasen diskutiert. Dr. *W. Borer*

Groupe de discussions 21, Câbles isolés à HT

Président: *P. Gazzana-Priaroggia (Italie)*
Rapporteur spécial: *C.T. Jacobsen (Suède)*

Thème préférentiel I: Câbles à tension continue et câbles sous-marins

Plusieurs descriptions d'installations réalisées relèvent particulièrement le gros travail de préparation nécessaire pour ces importantes poses en mer. Une première à signaler: l'emploi d'une cloche à plongeurs pour la réparation de câbles sous-marins à une profondeur de 30 m.

Thème préférentiel II: Câbles à isolation synthétique extrudée

Sur ce sujet, au contraire, si les rapports se bornent à faire le point sur la situation actuelle dans divers pays, la discussion a été principalement utilisée pour citer les essais en cours qui étudient presque exclusivement l'effet de l'eau sur le polyéthylène, réticulé ou non. Il est difficile d'en résumer les résultats qui ne sont souvent pas concluants car il y a, semble-t-il, beaucoup d'influences diverses qui s'enchevêtrent. On ne peut affirmer que des généralités: il y a diminution des qualités diélectriques du polyéthylène en présence d'eau, surtout la résistance à la tension continue. L'eau dans le conducteur est nettement plus dangereuse que celle qui peut se trouver à l'extérieur du câble. Mais la dispersion des résultats d'essai augmente aussi après ces vieillissements en présence d'humidité si bien qu'on ne trouve plus de corrélation nette entre les arborescences ou la contenance en eau et les tensions de claquage. Les résultats d'essais posent actuellement plus de problèmes qu'ils n'en expliquent; par exemple, quelqu'un a établi qu'une isolation réticulée à sec est plus sensible à l'humidité que celle qui l'a été à la vapeur. Certains additifs semblent accroître notablement la résistance à l'eau, mais il faut encore attendre pour s'assurer que leur effet est durable.

Thème préférentiel III: Transport de grandes puissances

Les réalisations présentées par les rapports concernent surtout des lignes en câbles à huile dont plusieurs à refroidissement forcé ainsi que les calculs thermo-mécaniques et hydrauliques les concernant. La discussion a, par contre, été peu utilisée car ces installations très particulières n'intéressent finalement que peu de monde.

B. Schmidt

Groupe de discussions 22, Lignes aériennes

Président: *Y. Porcheron* (France), en remplacement de
V. V. Bourgsdorf (URSS) excusé
Rapporteur spécial: *P. Nicolini* (Italie)

Le 9 septembre le Groupe 22 s'est réuni afin de discuter les questions soulevées par les onze rapports du Groupe. Le rapport 31-09 publié par le Groupe 31 «Planification des réseaux» a également fait l'objet de discussions dans le cadre du 1er sujet préférentiel.

Thème préférentiel I: Nouvelles conceptions et nouveaux matériaux et influence sur les techniques de construction

L'utilisation d'isolateurs composites se développe dans de nombreux pays, toutefois en quantité généralement limitée, sauf dans des pays comme le Canada par exemple, où ces isolateurs équipent déjà plus de 1200 km de lignes en exploitation à 735 kV, avec des pylônes haubanés du type «chaînette». Ces isolateurs font alors partie intégrante des éléments de la charpente du support lui-même. Le manque de statistiques dans le domaine de l'utilisation des isolateurs composites, vu leur faible quantité en service par rapport aux autres types d'isolateurs, et le peu d'années de service, a conduit le Groupe de travail N° 10 du Comité d'Etudes 22 à procéder à une étude technique pour l'établissement de spécifications minimales des isolateurs composites. Cette étude, qui traite des problèmes nouveaux, propres à ce type d'isolateurs, ainsi que des essais mécaniques, électriques et de vieillissement accéléré, a pour but de fournir une base aux caractéristiques techniques minimales exigées des isolateurs composites étudiées par la CEI en vue de leur normalisation dans un proche avenir.

Comme cela se pratique déjà depuis bon nombre d'années dans notre pays, pour des questions d'environnement et d'occupation du sol, l'on remarque une généralisation de la tendance à réduire l'emprise des couloirs des tracés des lignes.

Thème préférentiel II: Méthodes pour la détermination des différents régimes de charges mécaniques (statique et dynamique)

Il faut souligner que les techniques basées sur les statistiques semblent de plus en plus acceptées pour l'évaluation des charges pour lesquelles les composantes d'une ligne sont déterminées. Cependant la fiabilité des valeurs obtenues par la connaissance des distributions statistiques des paramètres météorologiques est l'objet de controverses, ces valeurs n'étant pas nécessairement utilisables, comme par exemple dans notre pays où de nombreuses stations de mesures existent depuis longtemps.

Le concept du facteur de sécurité tend à être remplacé par des méthodes probabilistes ou semi-probabilistes. Mais la controverse reste ouverte entre partisans des méthodes probabilistes pures et ingénieurs plus réalistes et décidés à se concentrer sur les facteurs de résistance et de charge ultime.

Les résultats favorables des essais effectués en Suisse dans le cadre de la révision des Ordonnances fédérales au sujet des doubles-chaînes d'isolateurs de suspension avec deux points de suspension, ont été évoqués, en faisant ressortir en outre l'influence du nombre d'isolateurs et de la longueur des chaînes considérées.

Thème préférentiel III: Techniques de mesure et contrôle in situ

Vu la difficulté d'apprécier l'importance relative de tous les facteurs qui entrent en jeu dans le cadre des vibrations des conducteurs, un congressiste australien propose l'utilisation d'un système de nomogrammes basé sur toutes les théories élaborées par les groupes de Travail spécialisés de CE 22. Ceux-ci procéderont à une vérification des graphiques.

Les premières expériences acquises par un Groupe de Travail suisse occupé à une importante campagne de mesure des vibrations des lignes prévue sur plusieurs années encore, et touchant des lignes de conceptions différentes, ont été évoquées. Au stade actuel, il s'agit essentiellement en particulier du choix de la conception de l'équipement de mesures et de celui du stockage et du traitement des données. Le résultat final de ces études, effectuées par le Groupe de Travail regroupant sept importantes entreprises d'électricité et un fabricant, fera l'objet d'un rapport en temps voulu.

Certains exploitants envisagent l'utilisation de conducteurs à des températures plus élevées allant jusqu'à 150 °C; ils admettent alors des distances électriques de sécurité plus faibles basées sur la tension nominale, sans tenir compte des surtensions.

L'utilisation de la photogrammétrie appliquée dans notre pays depuis plusieurs décennies, se généralise surtout pour les pays n'ayant encore aucune cartographie.

Deux films ont été projetés. *P. de Weck*

Diskussionsgruppe 23: Unterstationen

Präsident: *F.T.W. Davenport* (UK)
Rapporteur spécial: *F. Scherer* (Schweiz)

Für die CIGRE-Session 1982 waren 3 Themenkreise zur Diskussion gestellt worden, zu denen 11 schriftliche Berichte eingereicht wurden. Der Rapporteur spécial gliederte die Arbeit in 19 Einzelfragen auf.

Vorzugsthema I: Zukünftige Entwicklungsrichtung der Sekundärtechnik (Mikroprozessoren und Minicomputer)

Die Mikrocomputertechnik hat im Unterstationsbau weltweit Eingang gefunden. Dabei begnügen sich vorsichtige Anwender vorläufig mit einfacheren Funktionen wie Ereigniserfassung und -ausdruck, Feldsteuerung und Wiedereinschaltung. Fortgeschrittenere Anwendungen gehen einerseits in Richtung komplexerer Funktionsgruppen auf Stufe Unterstation und führen andererseits den Mikroprozessor bis direkt in den einzelnen Apparat der Hochspannungsanlage. Das Abschirmungs- und Entkopplungsproblem gegen hochfrequente elektromagnetische Beeinflussungen wird dabei in zunehmendem Mass durch den Einsatz von fiberoptischen Kabeln gelöst,

welche dem Anlagebauer gleichzeitig weitere Vorteile, wie Unabhängigkeit vom Erdpotential, geringes Gewicht usw. bieten, und von denen man sich in nächster Zukunft eine drastische Verbilligung (analog seinerzeit der Computer-Hardware) verspricht. Die Schwierigkeiten der Mikrocomputertechnik liegen für den Anlagebauer nicht so sehr auf rein technischem Gebiet als vielmehr bei den Problemen mangelnder Kompatibilität und Normalisierung von der Angebotsseite, speziell auch was die Software betrifft. Entsprechende Auswirkungen finden sich nicht nur in der Anlagenerstellung, sondern auch im Unterhalt und Weiterausbau. Alles in allem wird das schrittweise Vordringen der Mikroprozessortechnik im Anlagebau nicht aufzuhalten sein, wobei die Normalisierungsanstrengungen in erster Linie von den funktionellen Bedürfnissen auszugehen haben.

Vorzugsthema II: Betriebssicherheitsbeurteilung von SF_6-Anlagen hinsichtlich Unterhalt, Reparaturen und Prüfeinrichtungen; zukünftige Entwicklungsrichtung

Dieser Fragekomplex fand das grösste Interesse, sowohl bezüglich eingereichter Berichte wie auch mündlich vorgetragener Voten. Die SF_6-isolierten Anlagen haben weltweit im Vergleich zu konventionellen Feldern überproportional zugenommen und alle Erwartungen übertroffen. Die Betriebserfahrungen sind zwar (ebenfalls im Vergleich zu konventionellen Anlagen) überdurchschnittlich gut, doch zeigt es sich, dass Defekte unzulässig lange Ausfallzeiten zur Folge haben können. Die «Badewannenkurvencharakteristik» ist stark ausgeprägt (wobei bis jetzt natürlich nur der abfallende Teil bekannt ist), was die Bedeutung der Abnahmeprüfungen und vor allem auch der integralen Qualitätssicherung unterstreicht. Während für gewisse Hersteller Gehäusekonzeptionsfragen immer noch zu heftigen Diskussionen führen, wendet sich das Interesse des Betreibers vermehrt von den Konstruktions- und Auslegungsaspekten hin zu Zuverlässigkeits- und Unterhaltsfragen. Der Bau hybrider Anlagen ist im Abnehmen begriffen.

Die Erwartungen hinsichtlich der Lebensdauer der in Betrieb stehenden Anlagen sind (berechtigterweise) hoch. Aufgrund der bisherigen ausserordentlich guten Erfahrungen mit SF_6-Schaltanlagen zeichnen sich bereits weitere Anwendungen der SF_6-Technik ab: Erwähnung fand neben der baldigen kommerziellen Betriebsaufnahme grössserer Leistungstransformatoren mit SF_6-Isolation auch die (offenbar nicht mehr allzu weit entfernte) Vision der all-SF_6-isolierten Unterstation.

Vorzugsthema III: Fehlerströme; Kurzschlussstrombegrenzer; Erhöhung der Lebensdauer von Unterstationen

Viele Betreiber älterer Unterstationen sind heute mit dem Problem konfrontiert, dass ihre Anlagen Beanspruchungen unterliegen, für die sie nie ausgelegt waren; dies gilt ganz besonders für die dynamische Kurzschlussbeanspruchung. Abhilfemassnahmen können einerseits im Netzbetrieb gefunden werden oder im Anlagenumbau, welcher allerdings vor allem im Bereich der Sammelschienen mit grossen Kosten verbunden ist. Eine Anwendung einer schnellen Längsdrossel im Leitungszug fand besondere Beachtung.

Beim Bau neuer Anlagen sind entsprechend Reserven für den weiteren Anstieg der Kurzschlussleistung einzubauen. Die inzwischen entwickelten Computerrechenprogramme, auch für dynamische Vorgänge, erlauben es, in Zukunft auf einer sicheren Basis zu stehen. *P. Storrer*

Diskussionsgruppe 32: Betrieb, Steuerung und Regelung der Netze

Präsident: *H. Glavitsch* (Schweiz)
Rapporteur spécial: *N. Haase* (Dänemark)

Für die CIGRE-Session 1982 hat das Studienkomitee 32 drei Vorzugsthemen vorgelegt, die durch 25 eingereichte Berichte abgedeckt wurden. Der Spezialbericht des Komitees stellte 14 Fragen zur Diskussion, die ihre Beantwortung an der Session durch 60 Beiträge fanden. Die Vorzugsthemen stützten sich auf die möglichen Betriebssituationen, das heisst auf den Normal-, den Alarm-, den gestörten Zustand des Netzes sowie die Wiederaufbauphase ab.

Vorzugsthema I: Netzführung im gestörten Betrieb

Da der Normalzustand des Netzes zu keinen Bemerkungen Anlass gibt, befasste sich das erste Vorzugsthema mit der Netzführung im gestörten Netz, insbesondere mit der Rolle des Betriebsingenieurs, den Automatismen inklusive Rechner und den notwendigen zentralisierten und dezentralisierten Entscheidungen. Zur Beherrschung eines gestörten Netzes braucht man einen eingespielten Lastabwurfplan sowie eine optimale Arbeitsorganisation in der Netzleitstelle. Der gezielte Lastabwurf hat in erster Linie die Aufgabe, einen totalen Zusammenbruch des Netzes zu verhindern. Vor dem automatischen Lastabwurf sollten vor allem schnell anzufahrende Kraftwerke in Betrieb genommen sowie die Pumpen abgeworfen werden. Der Lastabwurf kann auch über ferngesteuerte Schalter durchgeführt werden. Die meisten Länder befürworten einen stufenweisen, frequenzabhängigen Lastabwurf. Eine Echtzeitstabilitätsberechnung wäre ein nützliches Instrument zur Störungsvorausschau und -beherrschung, bedingt aber schnelle und teure Rechner und eine hochstehende Datenübertragung. Zur Abschätzung des Netzzustandes wird in erster Linie die Methode der kleinsten Quadrate angewendet, da sie grobe Fernmessfehler eliminieren hilft und der Geschwindigkeit üblicher Rechner angepasst ist. Trainingssimulatoren sind ein gutes Hilfsmittel zur Ausbildung der Betriebsingenieure, werden aber im allgemeinen nicht zur Beherrschung der technischen Mittel einer Leitstelle, sondern zum Üben der Behebung von Störungen eingesetzt. In höchster Vollendung bildet der Simulator den Kommandoraum der Netzleitstelle möglichst genau nach und arbeitet mit einem Modell des echten Netzes.

Vorzugsthema II: Vorausschauende Netzführung und Netzführung in Echtzeit

Das zweite Vorzugsthema befasste sich mit der vorausschauenden Netzführung und der Netzführung in Echtzeit, mit den Überlegungen, die zu deren Verwirklichung führten und den diesbezüglich gemachten Erfahrungen. Da die Probleme hauptsächlich von der Fernwirktechnik her anstehen, müssen die lokalen Automatiken als Reserve weiterhin in Betrieb bleiben. Die Optimierung der Blindleistung vermindert die Verluste im System; sie erhöht dadurch die Wirtschaftlichkeit und zudem die Sicherheit dank der Kapazitätsfreistellung zugunsten der Wirkleistung. Die Leistungsreserve zur Abdeckung eines Produktionsausfalls wird kurzfristig automatisch durch die Primär- und Sekundärregelung erbracht, längerfristig werden vom Betriebsingenieur weitere Einheiten mit längerer Inbetriebssetzungszeit von Fall zu Fall manuell eingesetzt.

Vorzugsthema III: Betrieb und Steuerung der Kraftwerke, Rückwirkungen Netz-Kraftwerk

Das letzte Vorzugsthema befasste sich mit dem Betrieb und der Steuerung der Kraftwerke, den Rückwirkungen zwischen dem Netz und den Kraftwerken sowie mit deren Beitrag zur Netzregelung. Der Betriebsingenieur sollte in Zukunft über mehr Informationen bezüglich der Kraftwerke verfügen, damit er, wenn er kritische Situationen in anderen Kraftwerken erkennt, Reserveeinheiten in Betrieb nehmen kann, bevor es zu einer grösseren Störung kommt. Kurzschlussversuche mit Generatoren sollen Störungen, die im Leben einer Maschine auftreten können, vorwegnehmen und bekanntmachen. Soweit möglich, sollten allerdings vor dem Test der gesamten Gruppe deren einzelne Elemente geprüft werden. Dr. *F. Schwab*

Diskussionsgruppe 33: Überspannungen und Isolationskoordination

Präsident: *K. H. Schneider* (BRD)
Rapporteur spécial: *L. Thione* (Italien)

Neben den 12 für die Gruppe 33 eingereichten Berichten wurden 3 weitere (15-06, 15-14, 23-01) aus anderen Gruppen mit in die Diskussion aufgenommen. Zu den 23 zum Teil recht umfangreichen Fragen des Special Reporters wurden 64 vorbereitete und 10 spontane Diskussionsbeiträge vorgebracht.

Vorzugsthema I: Überspannungsschutz und Isolationskoordinationsprobleme in gasisolierten Schaltanlagen (GIS)

Für Blitzüberspannungen, die über Freileitungen in GIS eindringen, ist dem Ein-

fluss des Erdungswiderstandes der Maste auf das Fehlerrisiko bei Rücküberschlägen, dem Einfluss der Corona auf die Dämpfung der einlaufenden Welle sowie der unterschiedlichen Spannungsverteilung und den Erdungsverhältnissen innerhalb einer räumlich ausgedehnten GIS besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Um die durch Reflexionen verursachte ungleichmässige Spannungsverteilung genügend genau nachbilden zu können, darf die räumliche Konfiguration einer GIS nicht zu stark vereinfacht nachgebildet werden. Anlagenbauer und Ersteller der Freileitungen müssen gemeinsam das Konzept für einen sicheren Überspannungsschutz erarbeiten.

Einmütig wurde die Meinung vertreten, dass die Angabe eines bestimmten Faktors zwischen max. Überspannung und Schutzniveau nicht möglich ist. Die innerhalb einer GIS auftretende grösste Überspannung ist natürlich zusätzlich abhängig von Anzahl, Einsatzort und Typ der Überspannungsableiter.

Die bei Trennerschaltungen auftretenden schnellen transienten Schwingungen bildeten einen weiteren Schwerpunkt der Diskussion. Die auftretenden Überspannungsfaktoren sind – auch bei Fehlen von Überspannungsableitern – kleiner 3 p.u., und diese Überspannungen sind damit für die Festlegung des BIL nicht relevant.

Bezüglich der Prüftechnik wurde mehrfach betont, dass eine echte Sicherstellung der Qualität nicht durch ein möglichst strenges und umfangreiches Prüfprogramm («Zutodeprüfen» des Materials), sondern durch sinnvolle Versuche zum richtigen Zeitpunkt erreicht werden kann. Für Vorortprüfungen wurde mehrheitlich eine Kombination von Wechselspannungs- und Schaltstossspannungsprüfungen vorgeschlagen.

Vorzugsthema II: Verschmutzungsverhalten von Isolatoren

Vor- und Nachteile der verschiedenen Verschmutzungs- und Messmethoden wurden diskutiert, wobei offensichtlich verschiedene Länder verschiedene Methoden bevorzugen. Eine Übersicht über die in der CIGRE-WG 33.04 laufenden Arbeiten zeigte, dass noch keine allgemeingültige Zusammenfassung der Meinungen und Ergebnisse möglich ist und noch viel Arbeit geleistet werden muss.

Das Verhalten von Kunststoff-Verbundisolatoren bei Verschmutzung bildete ein weiteres Thema. Die Wichtigkeit von Schirmung und Lichtbogenarmaturen wurde für diesen Isolatorentyp besonders unterstrichen. Gemäss amerikanischen Erfahrungen soll es Bedingungen geben, unter denen sich «composite insulators» besser verhalten als Porzellanisolatoren (aber auch umgekehrt).

Vorzugsthema III: Wechselwirkung zwischen System und neuen Mitteln für die Überspannungsbegrenzung

Vor der Wahl unrealistisch tiefer Überspannungsfaktoren wurde gewarnt. Wenn auch MO(Metal oxyde)-Ableiter zusätzliche Möglichkeiten eröffnen, so haben sie doch auch ihre Grenzen (Alterung, höchste Überspannung im System muss nicht mit Aufstellungsort des Ableiters übereinstimmen). Die optimale Lösung kann durchaus in der Kombination verschiedener Massnahmen (Einschaltwiderstand, Kompensation, MOA) liegen. Dr. *A. Eidinger*

Diskussionsgruppe 34: Schutzmassnahmen

Präsident: *H. Horowitz* (USA)
Rapporteur spécial: *M. Chamia*(Schweden)

Vorzugsthema I: Moderne Schutzmethoden

Dieses Diskussionsthema betraf moderne Methoden und Anwendungen zur Erfassung, Übermittlung innerhalb der Unterstation und Verarbeitung der für den Schutz massgebenden Netzparameter. Aus den vier entsprechenden Berichten wie in der Diskussion ergaben sich als Schwerpunkte die Verwendung von Lichtleitern zur Übertragung von Signalen sowie der Einsatz von Mikroprozessoren für Schutzfunktionen. Der Vorteil der Lichtleiter, gegen elektromagnetische Störeinflüsse unempfindlich zu sein, soll vor allem bei der Übertragung von analogen und digitalen Signalen innerhalb von Unterstationen ausgenützt werden. Die bei der heutigen Technik auftretenden transienten Überspannungen, die bei elektronischen Schutzeinrichtungen besondere Massnahmen erfordern, würden damit eliminiert. Bei Verbindungen zwischen entfernteren Stationen kommt noch dazu, dass das Problem der bei Kurzschlüssen auftretenden Potentialunterschiede und induzierten Längsspannungen wegfällt. Für beide Anwendungen wurde über entsprechende Versuche berichtet, die jedoch noch zu wenig lange dauern, um daraus endgültige Schlüsse zu ziehen. Auf die Zuverlässigkeit insbesondere der Geräte zur Umwandlung von elektrischen in optische Signale wurde nicht näher eingegangen, vermutlich weil dieses Thema eher in die Diskussionsgruppe 35, Fernwirkanlagen, gehört. Es wurde ferner darauf hingewiesen, dass die Einführung dieser Technik eine Normung der entsprechenden Schnittstellen erfordern würde, wobei selbstverständlich das ganze Gebiet der Leittechnik betrachtet werden müsste.

Über die Vorteile der Anwendung von Mikroprozessoren anstelle der analogen Elektronik bzw. Elektromechanik ergab die Diskussion kein einheitliches Bild. Eine einfache Übersetzung der Funktionen von analoger in die digitale Technik führt heute kaum zu günstigen Lösungen. Nur wenn mehrere komplexe Funktionen zusammengefasst werden können, ist der Mikroprozessor wirtschaftlich. Bei den technischen Vorteilen stehen im Vordergrund verbesserte Charakteristiken, höhere Zuverlässigkeit dank der Fähigkeit zur Selbstüberwachung, bessere Kompatibilität mit anderen digitalen Systemen in der Anlage.

Im übrigen ist man mehrheitlich der Meinung, dass mindestens auf dem Hochspannungsgebiet eine Integration mit anderen leittechnischen Funktionen nicht erwünscht ist. Es ist zu erwähnen, dass gegenwärtig eine Arbeitsgruppe WG 34-02 das Thema «Digitaltechniken beim Schutz und integrierten Funktionen in Unterstationen» behandelt.

Unter dem Vorzugsthema 1 wurden noch weitere Fragen behandelt, wie Kurzschlüsse zwischen parallelen, auf den gleichen Masten montierten Leitungen, Methoden zur Erfassung des Aussertrittfallens von Generatoren und Netzteilen sowie Verbesserung der Genauigkeit von Fehlerortern, wobei z. T. in Details gegangen wurde, die mehr den eigentlichen Schutzspezialisten interessieren.

Vorzugsthema II: Neue Prinzipien und Praktiken für spezielle Fälle

Dasselbe gilt für das Vorzugsthema 2, welches sich mit dem Schutz von u. a. sogenannten Multiterminal-Leitungen befasste (drei Berichte). Für diese an und für sich nicht neuen Probleme wurden verschiedene Lösungen aufgezeigt, die jedoch nicht grundsätzliche Neuheiten enthielten, hingegen oft sehr komplex und teuer erschienen.

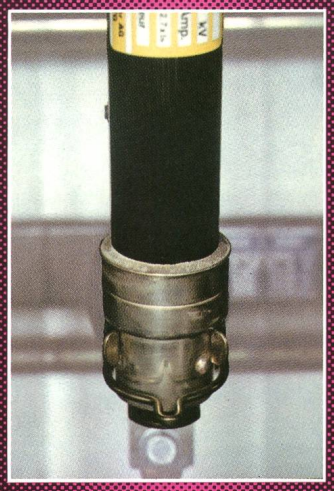
Vorzugsthema III: Schutz grosser Turbogeneratoren

Das Thema war dem Schutz von grossen Turbogeneratoren bei abnormalen Betriebsbedingungen gewidmet (3 Berichte). Schwerpunkt war die Beanspruchung der Welle durch Torsionsschwingungen, die durch verschiedene, bei Netzfehlern auftretende Belastungsstösse verursacht werden. Ein solcher Stoss entsteht nicht nur beim Kurzschluss selbst, sondern auch bei dessen Abschaltung, beim Wiederkehren der Spannung; die Beanspruchungen erreichen jedoch nur dann hohe Werte, wenn nahe dreipolige Kurzschlüsse aus irgendeinem Grund nicht schnell genug abgeschaltet werden. Da solche Schwingungen nur langsam abklingen, werden die Verhältnisse noch schlimmer, wenn nachher noch eine dreipolige Schnellwiedereinschaltung auf einen permanenten Fehler stattfindet. Ein amerikanischer Beitrag untersuchte deshalb besonders den Einfluss der Wiedereinschaltung und diskutierte die Möglichkeiten, Art und Geschwindigkeit der Wiedereinschaltung von verschiedenen Parametern abhängig zu machen. Nebst einfachen Lösungen wie langsame Wiedereinschaltung mit 10 s Pausenzeit oder Beschränkung der Schnellwiedereinschaltung auf ein- und zweipolige Fehler werden auch kompliziertere Logiken vorgeschlagen. Besonders ein japanischer Diskussionsbeitrag zeigt eine relativ umfangreiche Entscheidungstabelle, was jedoch die Frage aufwirft, ob eine derartige Komplizierung nicht auch die Zuverlässigkeit des gesamten Systems beeinträchtigt. *J. Gantner*

HOCHSPANNUNGS-HOCHLEISTUNGS-SICHERUNGEN FÜR FREILUFT- UND INNENRAUMANLAGEN

FUSIBLES HAUTE TENSION A HAUT POUVOIR DE COUPURE POUR INSTALLATIONS EXTERIEURES ET INTERIEURES

HUSER-DRIESCHER



* Hohe Abschaltleistung
* Geeignet für sämtliche Apparate nach SEV-Norm
* Ab Lager lieferbar
* Preisgünstig

* Haut pouvoir de coupure (HPC)
* Appropriés pour tous les appareils selon la norme ASE
* Livrables du stock
* Prix avantageux

Elektrobau I. Huser AG 9572 Busswil Tel. 073 23 46 46

Allgemeines

Huser-Driescher HH-Sicherungen schützen durch schnelle Abschaltung, Transformatoren, Kabel, Kondensatoren und Schaltanlagen zuverlässig vor thermischen und dynamischen Kurzschlussauswirkungen. Dank sorgfältiger Produktion und gewissenhafter Kontrolle kann ein Höchstmass an Funktionssicherheit gewährleistet werden.

Bauformen

Typ H 220 Sta: HH-Sicherungen Reihe 24 kV
Nennstrom: 2 bis 63 A
mit Stiftauslösung

Typ H 221 Sta: HH-Sicherungen Reihe 24 kV
Nennstrom: 75 bis 200 A
mit Stiftauslösung

Typen/Types

Nennstrom in Ampere Intensité nominale en Ampère	Spannungsreihe Série de tension	max. Betriebsspannung in kV Tension de service maximale en kV	Gewicht ca. kg Poids approx. kg
Typ H 220 (bis 63 A Nennstrom) Typ H 220 (jusqu'à intensité nominale 63 A)			
4	24 kV	24	2,93
6	24 kV	24	2,93
10	24 kV	24	2,93
16	24 kV	24	2,93
20	24 kV	24	2,93
25	24 kV	24	2,93
30	24 kV	24	2,93
40	24 kV	24	2,95
50	24 kV	24	2,95
63	24 kV	24	2,95
Typ H 221 Sta (ab 75 A Nennstrom) Type H 221 Sta (dès intensité nominale 75 A)			
75	24 kV	24	4,60
100	24 kV	24	4,60
125	24 kV	24	4,60
160	24 kV	24	4,60

Abschaltleistung/Puissance de coupure

Tabelle über das Nennausschaltvermögen von HH-Sicherungen in MVA.
Tableau des puissances de coupure nominales des fusibles HPC en MVA.

Spannungsreihe	Betriebsspannung	Typ H 220 Sta Nennstromstärke A			Typ H 221 Sta Nennstromstärke A			
		6–25	30–50	63	75	100	125	160
		Nennausschaltvermögen MVA						
24	15	800	800	800	800	600	400	400
	20	1000	800	800	800	600	400	400

Généralités

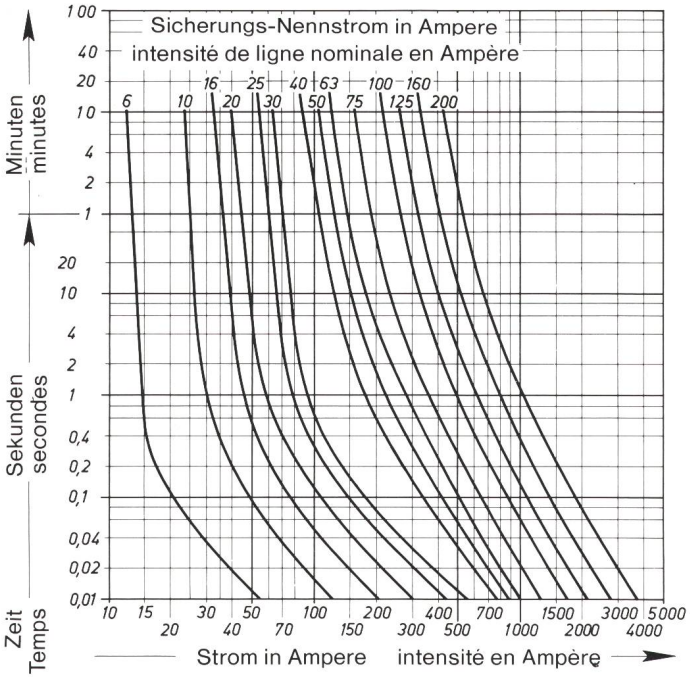
Par leur déclenchement rapide, les fusibles HPC Huser-Driescher protègent efficacement et fiablement les transformateurs, les câbles, les condensateurs et les installations de couplage contre les effets thermiques et dynamiques des courts-circuits. Grâce à une production soignée et des contrôles consciencieux, une sécurité de fonctionnement maximale peut être garantie.

Exécutions

Type H 220 Sta: Fusible HPC, série 24 kV
Intensité nominale: 2 – 63 A
Avec déclenchement à tige

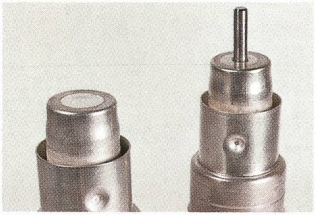
Type H 221 Sta: Fusibles HPC, série 24 kV
Intensité nominale: 75 – 200 A
Avec déclenchement à tige

Schmelzzeitkennlinien/ Caractéristiques de déclenchement



Einstellpatronen/ Cartouche de réglage

Einstellpatronen werden für die Justierung mechanischer Auslösungen im spannungslosen Zustand eingesetzt.
Des cartouches de réglage sont utilisées pour le réglage du déclenchement mécanique à l'état hors tension.



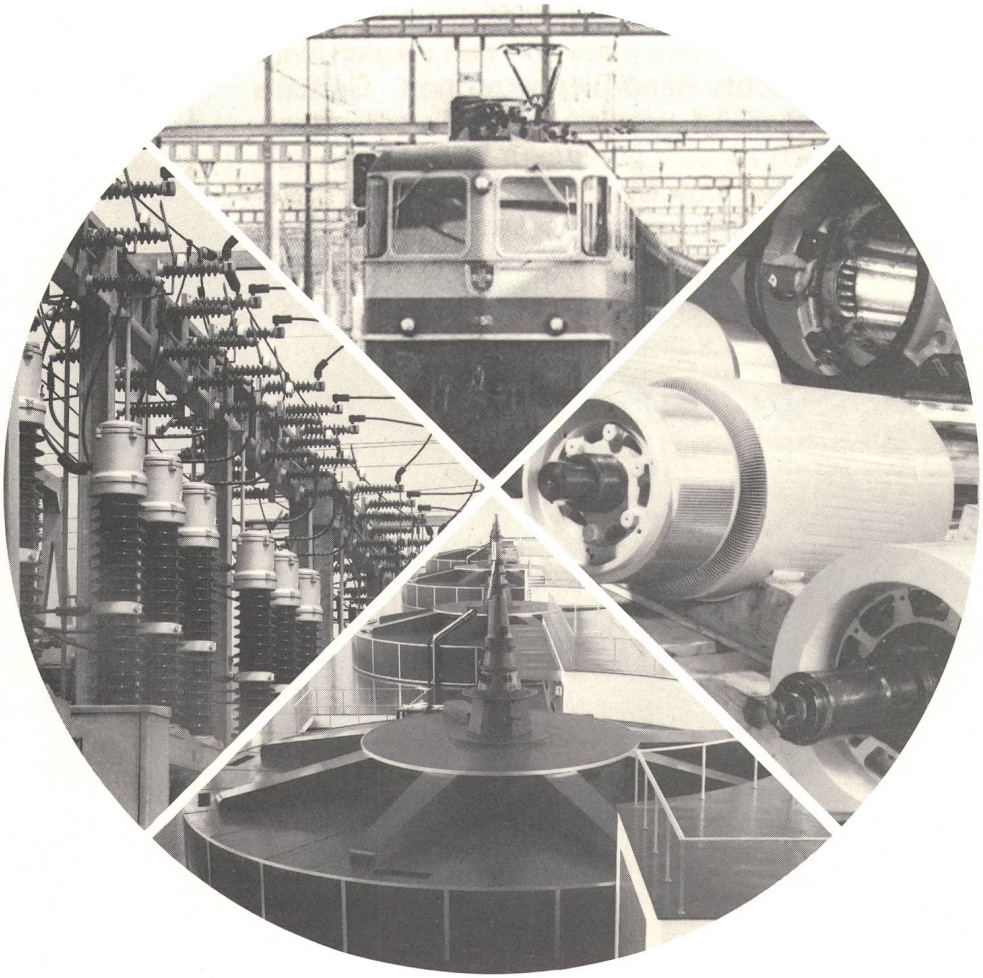
Stiftauslösung/ Déclenchement à tige

HUSER-DRIESCHER Sicherungen können im Werk kurzfristig regeneriert werden.

Les fusibles HUSER-DRIESCHER peuvent être régénérés en usine à bref délai.

Elektrobau I. Huser AG 9572 Busswil Tel. 073 23 46 46

Isoliersysteme



ein entscheidender Vorteil!

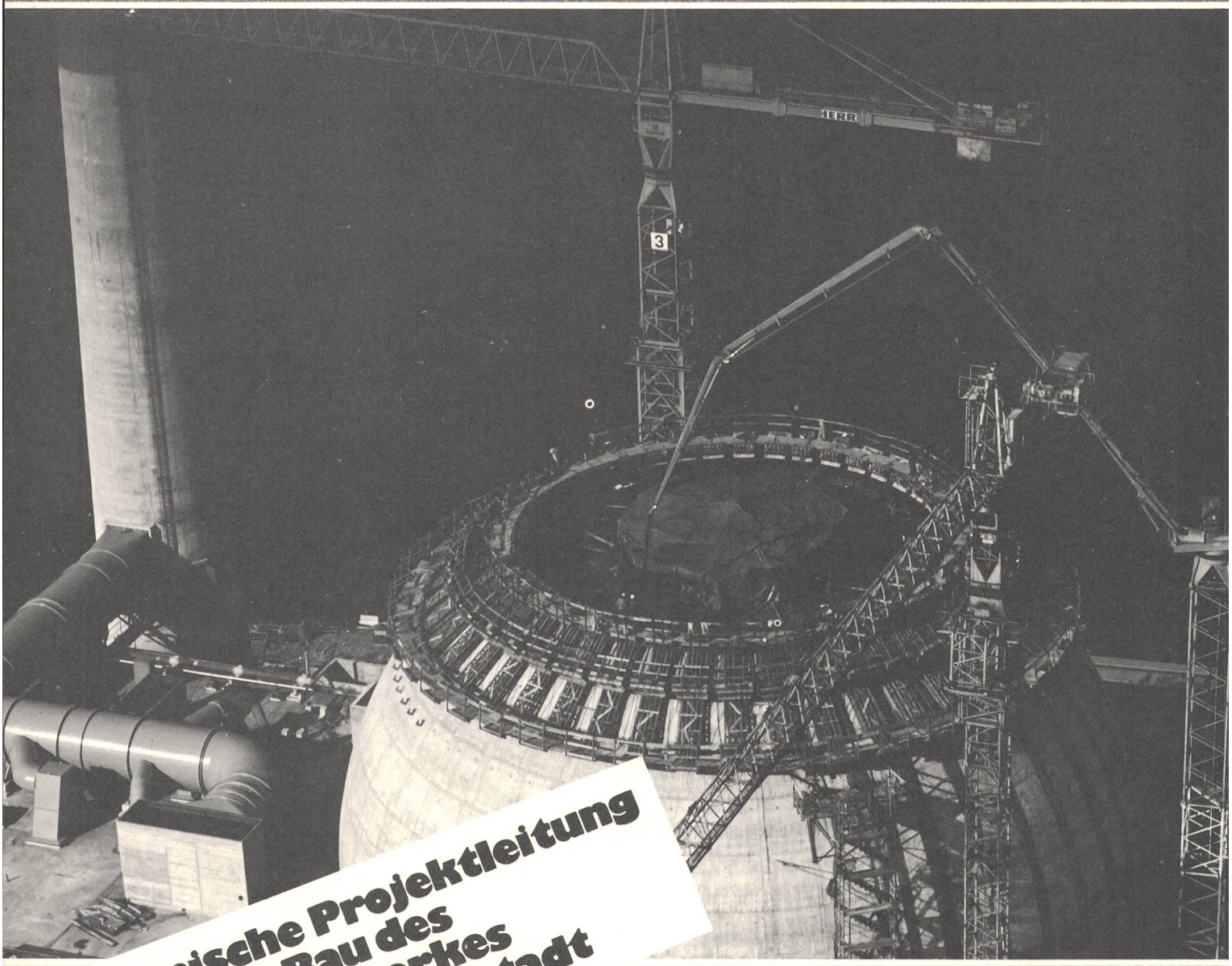
Isoliersysteme von ISOLA sind Lösungen nach Mass für elektrotechnische Probleme. Sie gewährleisten für jeden einzelnen Fall die optimal aufeinander abgestimmte Kombination von Leiter und Isolation nach genau vorgegebenen Kriterien und Werten. Wir stehen Ihnen zur Verfügung.

Schweizerische
Isola-Werke
4226 Breitenbach
Tel. 061 80 21 21

ISOLA

Isolierlacke
Isoliermaterialien
Wicklungsdrähte
Leiter und Kabel

Elektrowatt
Ingenieurunternehmung AG



Technische Projektleitung beim Bau des Kernkraftwerkes Leibstadt

Elektrowatt
Ingenieurunternehmung AG

Postfach
8022 Zürich

Telefon 01-251 62 61