

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 61 (1970)
Heft: 7

Artikel: Netzmodelle und Lernschaltanlagen für die Ausbildung und das Einüben des Personals der Elektrizitätswerke : einige im Ausland verwirklichte Beispiele
Autor: Cuénod, M. / Wüger, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915931>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 18.03.2025

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Netzmodelle und Lernschaltanlagen für die Ausbildung und das Einüben des Personals der Elektrizitätswerke

Einige im Ausland verwirklichte Beispiele

Von M. Cuénod, Genf

1. Einleitung

In einem «Lehren aus dem Stromausfall vom 9. November 1965 in Nordamerika — einige zusätzliche Gedanken» [1]¹⁾ betitelten Artikel schlug H. Wüger die Schaffung einer Lehrschaltanlage in der Schweiz vor. Ausgerüstet mit Schaltfeldern, Schalttafeln und Steuerpulten, sollte diese dem Werkpersonal ermöglichen, sich mit den im Betrieb vorkommenden Manipulationen vertraut zu machen. Auch wurde angeregt, die Schalt- und Steuerpulte mit einem Rechner zu kuppeln. Dieser würde es auf der Basis eines numerisch simulierten Netzes erlauben, die Rückwirkungen auf den Energiefluss zu berechnen, die sich aus den von am Instruktionkurs teilnehmenden Betriebspersonal übungs halber getroffenen Massnahmen ergäben. Infolge der beinahe momentanen Anzeige dieser Auswirkungen würde eine solche Einrichtung es ermöglichen, das Personal an rasches Entscheiden zu gewöhnen und es auf die bei schweren Netzstörungen zu ergreifenden Massnahmen einzüben.

Dank der zunehmenden Vermaschung der Netze werden diese Störungen zwar immer seltener, aber ihre Folgen können immer schwerwiegender werden. Darum ist man daran interessiert, «Betriebsspiele» an Netzmodellen durchführen zu können.

Im vorliegenden Aufsatz sollen einige Angaben gemacht werden über drei im Ausland, nämlich in Belgien, in Deutschland und in Canada, ausgeführte derartige Anlagen. Ferner soll gezeigt werden, welchen Nutzen man aus ihnen bei der Ausbildung der Studierenden und des Betriebspersonals ziehen kann.

2. Das Lehr- und Versuchs-Netzmodell der Freien Universität Brüssel²⁾

Dieses Netzmodell wurde entworfen durch das «Laboratorium für Übertragung und Verteilung der elektrischen Energie der Fakultät der angewandten Wissenschaften der Freien Universität Brüssel». Es ist in seinen Räumen untergebracht [2].

Dieses Modell wurde entworfen und gebaut mit einer doppelten Absicht:

¹⁾ Die Angaben in eckigen Klammern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluss dieses Aufsatzes.

²⁾ Der Autor möchte es nicht unterlassen, Herrn Prof. G. H. Marchal von der Freien Universität Brüssel für die Ergänzungen zu danken, welche die neuesten Entwicklungen des Laboratoriums für Elektrizitätsübertragung und -verteilung der Freien Universität Brüssel berücksichtigen.

1. Zu Lehrzwecken, um die Studierenden mit den verschiedenen Problemen, die der Netzbetrieb stellt, vertraut zu machen, wie z. B.

- Regelung der Wirk- und Blindlastverteilung zwischen parallel laufenden Gruppen im normalen Betrieb und im Falle von Störungen.
- Ermittlung der Folgen von Netzstörungen (Pendelungen von Maschinen, Kurzschluss-Ströme usw.) und Festlegen der zu treffenden Gegenmassnahmen.
- Spannungsregelung in den verschiedenen Netzknotenpunkten.

2. Zu Versuchszwecken, um das Verhalten der im Netz verwendeten Schutz- und Reguliereinrichtungen zu studieren sowie zum Ausprobieren der verschiedenen Arten von Automatismen, die sich beim Betrieb eines elektrischen Netzes abspielen. Der verhältnismässig hohen Spannungen und Leistungen wegen, die bei diesem Modell zur Anwendung kommen, können Störeinflüsse ausgeschaltet werden. Es lassen sich daher Ergebnisse erzielen, die leicht auf den Fall des wirklichen Netzes übertragbar sind, da die zu prüfenden Regulier- und Schutzeinrichtungen unter ähnlichen Bedingungen arbeiten wie in Netz.

Das Modell besteht hauptsächlich aus folgenden Teilen:

- 2 Drehstrom-Generatoren (110 V, 10 kVA), angetrieben durch Gleichstrommotoren, die vom Steuerpult aus entweder von Hand oder automatisch geregelt werden können. Die Reaktanzen dieser beiden Generatoren wurden so gewählt, dass ihre Werte, umgerechnet, einer 125-MVA-Gruppe entsprechen.
- Ein Thyristor-Regelsystem für den Motorrotorstrom, das erlaubt, die dynamische Charakteristik einer Turbine zu simulieren.
- Ein am Verteilnetz angeschlossener 50-kVA-Transformator, der gestattet, die Verbindung mit einem unendlich starken Netz nachzubilden.

Die zwei Drehstrom-Generatoren geben ihre Energie dem Netz über 2 Kerntransformatoren (15 kVA — 110/440 V) ab. Es können im Netz an verschiedenen Stellen noch dazu geschaltet werden:

2 Manteltransformatoren, mit je drei Wicklungen (6,5/6,5/

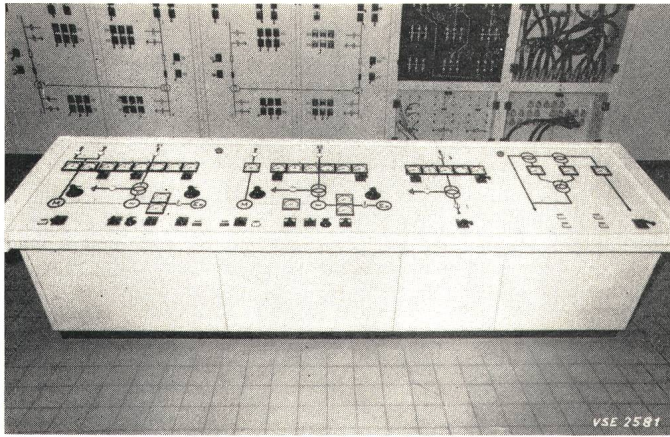


Fig. 1

Netzmodell der Freien Universität Brüssel

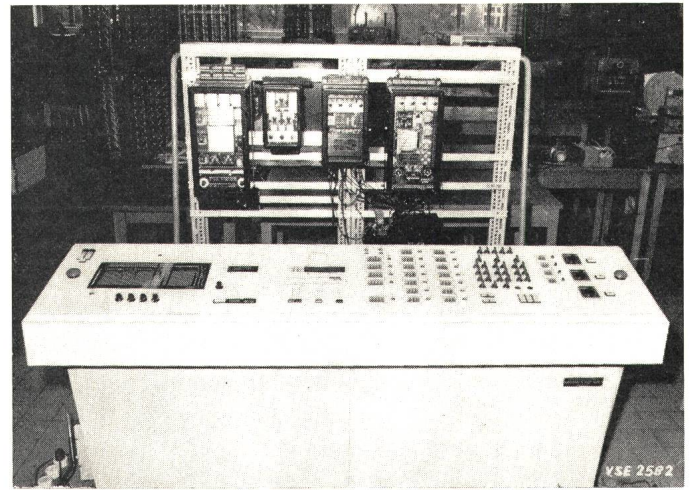


Fig. 2

Versuchsfeld mit Programmiergerät

2,5 kVA — 400/400/110 V). Diese Transformatoren werden inskünftig mit Thyristorreglern ausgestattet werden.

Ein Zusatztransformator für die Überlagerung einer von 0...20% einstellbaren Phasen- oder Querspannung (bezogen auf die Nennspannung).

- Sechs Leitungsabgänge, gebildet durch π -Elemente mit einem Stromkreis zur Phasenstrom-Summutation zur Simulation der gegenseitigen, gleichpoligen Impedanzen im Dreieck; die Widerstände und Reaktanzen gegen Erde und zwischen den Phasen können verändert werden.

Die Impedanzen können derart eingestellt werden, dass für jede Leitung folgende Längen simuliert werden können: 9, 18, 36, 72 und 144 km, bei 150 kV, 156 MVA. Im Hintergrund links der Fig.1 erkennt man die Steuerungs- und Meßschranke für 4 Leitungen.

Die Leitungen sind an ihren äußersten Enden mit Relais ausgerüstet, die die Schalter nachahmen.

- Zwei dreiphasige, symmetrische, ohmsche und induktive Belastungen, die in Stufen von 5% von 0...100% regulierbar sind. Eine dreiphasige ohmsche, induktive und kapazitive Belastung, die unabhängig pro Phase von 0...150% ebenfalls in 5% Stufen einstellbar ist.

Eine Schalttafel (Fig.1, im Hintergrund rechts), welche erlaubt, die verschiedenen Teile des Modells nach irgendeinem beliebigen Schema zu verbinden, Feldschalter zu steuern, Versuchsgeräte anzuschliessen und Störungen an beliebigen Stellen des Netzes zu simulieren.

Ein Steuerpult (Fig.1, vorne) umfasst die Steuerungseinrichtungen

1. für die 2 Drehstromgeneratoren: Anlauf und Geschwindigkeitsregelung (von Hand oder mit einer Automatik) der Antriebsmotoren, welche mit automatischem Tourenzahlregler ausgerüstet ist, sowie Spannung der Drehstromgeneratoren (von Hand oder mit einer Automatik)
2. zur automatischen Synchronisation der an verschiedenen Stellen des Netzes installierten Gruppen
3. für die Einschaltung des 50-kVA-Transformators
4. für den Induktionsregler

Auf einem Versuchsfeld (Fig.2) ist ein Programmiergerät eingerichtet, welches gestattet, an einer beliebigen Netzstelle eine beliebige Störung (Belastungssprünge, ausschaltende

Schalter usw.) zu simulieren. Dieses Programmiergerät bestimmt den Verlauf der Störungen auf 10 μ s.

Diese Ausrüstung

- steuert 4 elektronische Wechselstromschützen (mit Thyristoren) auf 50 μ s genau (1^0 elektrisch bei 50 Hz)
- gibt den Augenblick des Eintreffens irgendeines äusseren Vorganges digital an (z. B. Reihenfolge von versuchsweisen Ein- oder Ausschaltungen usw.).

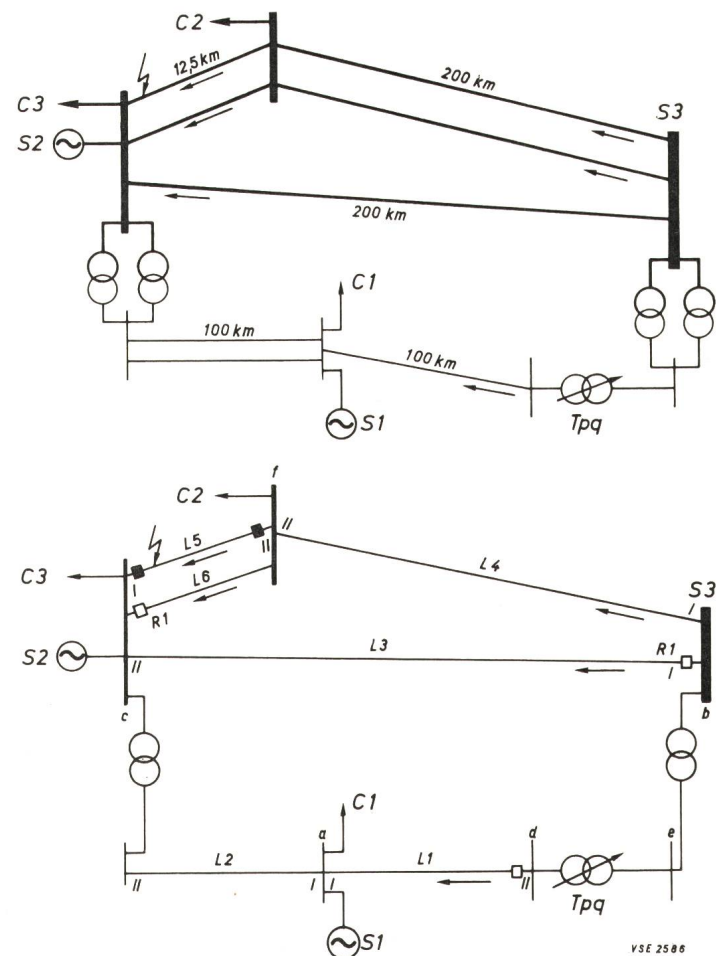


Fig. 3

Oben: Schema eines nachzubildenden wirklichen Netzes
Unten: Schema des oben dargestellten simulierten Netzes

- misst den Winkel zwischen 2 beliebigen Vektoren unter den 4 folgenden: Polräder der Drehstromgeneratoren, Spannung des unendlichen grossen Netzes, Spannung an einer beliebigen Stelle des Netzes
- bedingt die Fehlerimpedanz, verschiedene 4 sukzessive Werte anzunehmen.
- übernimmt den Schutz der Messeinrichtungen und verriegelt die normalen Schutzeinrichtungen des Netzes während den Versuchen
- «übersetzt» die Netzinformationen (z. B. Zustand der Trenner usw.) in einer «Sprache» (logische Variablen), welche von einem eine zentrale Schutzeinrichtung steuernden Rechner verarbeitet werden kann.

Verschiedene Kupplungen, welche an der Rückseite des Versuchfeldes angebracht sind, gestatten die selektiven Schutzeinrichtungen anzuschliessen. Sie sind im Hintergrund der Fig. 2 sichtbar.

Im oberen Teil der Fig. 3 wird das Schema eines zu untersuchenden Netzes dargestellt, im unteren Teil sind die zu dessen Simulation wichtigen Elemente ebenfalls in einem Schema gezeichnet. Die Untersuchung betrifft ein Distanzrelais, welches bei R_1 installiert ist, und die Leitung L_6 schützt, die parallel zur Leitung L_5 geschaltet ist und die in der Nähe von C einen Defekt aufweist. Zweck der Untersuchung war festzustellen, ob das Distanzrelais eine Fehlauschaltung ausführt.

Gegenwärtig wird am Laboratorium für Elektrizitätsübertragung und -verteilung der Freien Universität Brüssel (Prof. G. H. Marchal und Gruppenchef R. Poncelet) an einem Forschungsprogramm betreffend Netzautomation gearbeitet. Die diesem Forschungsprogramm betreffenden Versuche werden mit einem «Versuchs- und Lehrnetz» ausgeführt.

3. Das Betriebsspiel der «Hamburgischen Elektrizitätswerke» (HEW) [3]

Angeregt durch die Planspiele für Entscheidungsübungen der verantwortlichen Organe von industriellen und kaufmännischen Unternehmungen, haben die HEW ein Betriebsmodell geschaffen. Es enthält die Kraftwerke sowie die Netze und erlaubt, die bei normalen und abnormalen Betriebszuständen zu treffenden Entscheidungen auszuprobieren.

Die Übungsanlage besteht aus mehreren Zellen, die den Kommandoräumen der miteinander verbundenen Kraftwerke und des Lastverteilers im betrachteten Netz entsprechen. Diese Zellen sind verbunden mit denjenigen des Leiters des Planspiels. Zum voraus sind die charakteristischen Netzdaten (erzeugte und ausgetauschte Wirk- und Blindleistungen, Spannungen in den verschiedenen Netzknotenpunkten usw.) für alle Fälle, die sich im betrachteten Modell einstellen können, berechnet worden. Diese Werte stehen dem Planspiel-Leiter zur Verfügung, so dass er in der Lage ist, den «Spielenden» die Auswirkungen ihrer Entscheidungen anzugeben, die diese bei Situationen wie die folgenden treffen:

- plötzliche Abschaltung von Leitungen oder Zentralen
- plötzliche Laständerungen, verursacht durch atmosphärische Einflüsse, oder durch Verkehrsspitzen und dergleichen
- plötzliche, durch den Lastverteiler angeordnete Änderungen

- unzeitige vorübergehende oder dauernde Ausschaltungen von Leitungen
- abnormale Schwankungen der Frequenz und der Spannung usw.

Als Massnahmen zur Gewährleistung eines möglichst wirtschaftlichen und sichern Betriebes kommen in Betracht:

- Änderungen der Netzschaltung
- Veränderung der Produktion
- Lastabwurf
- Einsatz der rotierenden Reserven
- Beseitigung der Störung usw.

Der Zweck dieses Betriebsspiels ist einerseits, die Reaktionen des Betriebspersonals zu üben und zwar bei den verschiedenen Arten von Netzstörungen, die sich ereignen können. Andererseits soll es das Personal an die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Arbeitsstellen, die beim Netzbetrieb einzugreifen haben, gewöhnen.

4. Das Turbinenmodell und das Mikronetz der LAVAL-Universität in Quebec

Das Laboratorium der Abteilung Maschinen-Ingenieurwesen der Fakultät der Wissenschaften dieser Universität ist mit einer Pelton-turbine ausgerüstet, die von einer Pumpe gespeisen wird. Die Turbine besitzt einen Geschwindigkeitsregler mit vorübergehender Statik. Sie ist mit einem 1,5-kVA-Drehstromgenerator gekuppelt, der durch einen beliebig regulierbaren Wasserwiderstand belastet werden kann. Dieser Generator ist mit einem Spannungsregler ausgerüstet, dessen Frequenzabhängigkeit einstellbar ist.

Das Modell erlaubt, das Regelverhalten in Abhängigkeit der Frequenz und der Spannung zu untersuchen im besonders ungünstigen Fall des Inselbetriebes mit ohmscher Last. Es gestattet, durch Versuche die optimalen Charakteristiken zu ermitteln, der die Frequenz- und Spannungsregulierung einer hydroelektrischen Gruppe zu genügen haben.

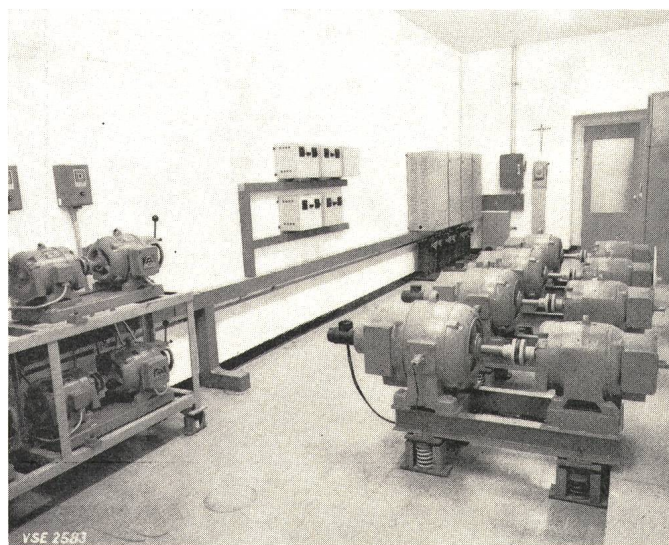


Fig. 4
Ansicht eines Teiles der Maschinengruppen des Mikronetzes der LAVAL-Universität in Quebec

Die elektrotechnische Abteilung der gleichen Fakultät verfügt über ein Mikro-Netzmodell. Es enthält 6 Dreiphasengeneratoren von 5,4 kVA, 228 V, die angetrieben werden von Gleichstrom-Motoren von 7,2 PS, 138 V, 1800 t/min. Vier dieser Generatoren besitzen ausgeprägte Pole, während die beiden andern flache Pole aufweisen. Die Figur 4 zeigt eine Teilansicht dieser Gruppen.

Die Generatoren und Turbinen werden durch elektronische Regulatoren gesteuert, die es ermöglichen, das wirkliche Verhalten einer Wasserturbinen-Gruppe, dessen Generator ausgeprägte Pole besitzt und einer thermischen Gruppe mit den andern Polen nachzuahmen.

Jede der Mikrogruppen wird von einem Schaltpult aus gesteuert, auf dem die verschiedenen Elemente, die in den Kommandoräumen der Kraftwerke vorhanden sind, ebenfalls eingebaut sind.

Dieses Mikronetz umfasst ferner Modelle der elektrischen Leitungen sowie ohm'sche, induktive und kapazitive Widerstände, die es erlauben, veränderliche Belastungen zu simulieren. Unter Zwischenschaltung eines Transformators kann das Modell-Netz mit dem Verteilnetz verbunden werden, was die Kupplung mit einem unendlich starken Netz nachzuahmen erlaubt.

Überdies sind alle notwendigen Messgeräte eingebaut, sowohl in registrierender als anzeigender Form. Eine Kontaktwalze ermöglicht, nach einem vorbereiteten Programm Fehler zu simulieren.

Das Mikronetz ist direkt mit einem in der Nähe aufgestellten Analogrechner verbunden. Dieser Rechner kann auf die Thyristorsteuerung einwirken und so die Speisung der die Turbinen simulierenden Gleichstrommotoren regulieren. Werden Leistungsverstärker zwischengeschaltet, so kann der Rechner auch auf die Erregung der Generatoren einwirken. Es ermöglicht auch, die verschiedensten Zeitabläufe wiederzugeben, z.B. das dynamische Verhalten des hydraulischen Systems einer Wasserkraftanlage oder dasjenige eines Kernkraftwerkes.

Es ist vorgesehen, das Mikronetz noch mit einem Digitalrechner zu koppeln und auf diese Weise ein sehr leistungsfähiges Ganzes zu schaffen für das Studium der Phänomene, die sich in elektrischen Netzen abspielen.

Die Anlage wurde unter Mitwirkung der Electricité de France in Paris gebaut, um folgende zwei Ziele zu erreichen:

1. den Studierenden zu ermöglichen, sich mit den Problemen vertraut zu machen, die die Erzeugung und Fortleitung der Elektrizität stellen sowie um theoretische Studien bei Diplom- und Doktorarbeiten durch Versuche am Modell zu vervollständigen.

2. Studium bestimmter Probleme, die sich in kanadischen Netzen stellen, wie z. B.

- Stabilität der Energieübertragung auf ganz grosse Entfernungen
- Verbesserung dieser Stabilität durch eine Steuerung
- Einfluss der verschiedenen Laständerungsarten auf die Netzstabilität.
- Einregulierung und Einstellung neuer Schutz- und Regelanrichtungen für Netze.

Dafür ergibt sich Gelegenheit zu enger Zusammenarbeit zwischen Forschern an der Hochschule und den Netzingenieuren.

5. Schlussfolgerungen

Die Frage, ob nicht auch in der Schweiz ein Netzmodell, ähnlich den im Ausland gebauten, geschaffen werden sollte, verdient gestellt zu werden. Es könnte mit Vorteil in einer der technischen Hochschulen eingerichtet werden, damit es den nachstehend nochmals aufgezählten mehrfachen Zwecken dienstbar gemacht werden könnte:

Lehrzwecke

- den Studierenden die Probleme bewusst machen, die sich beim Betrieb der Netze stellen
- experimentelle Kontrolle der berechneten Energieflüsse und der Spannungen in einem elektrischen Netz
- Schaffung einer Apparatur, die bei Diplom- und Doktorarbeiten beigezogen werden kann.

Versuchszwecke

- Dem Betriebspersonal soll ermöglicht werden, an Schulkursen teilzunehmen, in denen das Fassen der Entschlüsse bei Störungen am Netzmodell geübt und die Folgen der Entscheidung beobachtet werden können
- Prüfung der Arbeitsweise von Schutzsystemen in der Praxis
- Studium der Rückwirkungen der Verteilung der Produktion von Wirk- und Blindleistung auf die Übertragungsverluste und die Höhe der Spannungen in den verschiedenen Netzknotenpunkten
- Studien zur Entwicklung neuer Systeme unter Benützung von Elektronenrechnern für Ausarbeitung von Schutzeinrichtungen
- Studien über die Planung des Netzes unter Berücksichtigung seines Verhaltens im normalen und gestörten Betrieb in Abhängigkeit seines Aufbaues.

Je nach dem Aufbau der zu simulierenden Netze und je nach den zur Verfügung stehenden Mitteln, können verschiedene Arten von Modellen in Aussicht genommen werden:

- statisches (ruhendes) Modell, ein- oder dreiphasig, mit Einspeisung und Abnahme der Energie in verschiedenen, mit über Impedanzen miteinander verbundenen Knotenpunkten.
- dynamisches Modell mit rotierenden Maschinen wie es in Quebec, Paris, Moskau und in Brüssel verwirklicht ist.
- «numerisches» Netzmodell, dargestellt durch einen Digitalrechner mit einem Programm, das die unmittelbare Berechnung der Energieflüsse erlaubt.

Damit ein Rechner für Entschluss-Übungen benützt werden kann, sollte er das Ergebnis seiner Berechnungen in sichtbarer Form liefern und Programmänderungen sollten direkt eingegeben werden können. Es stellt dies ein Anwendungsbeispiel eines üblichen industriellen Prozessrechners dar.

Ein solches Modell kann entweder im Maßstab eines bestimmten Netzes oder aber für das Landesnetz entworfen werden. Es ist wünschbar, es so zu gestalten, dass es umgeformt

und beliebig erweitert werden kann. Im Vergleich zum Nutzen, der von einem solchen Instrument erwartet werden kann, erscheinen die Kosten bescheiden.

Literaturhinweise

- [1] Lehren aus dem Stromausfall vom 9. November 1965 in Nordamerika — Einige zusätzliche Gedanken. H. Wüger
Energie-Erzeugung und -Verteilung.
Die Seiten des VSE.
SEV-Bulletin 1966, Nr. 14, Seite 165...176.

- [2] Das Lehr- und Versuchs-Netzmodell der Freien Universität Brüssel.
G. H. Marchal und R. Poncelet.
Energie-Revue Nr. 181
- [3] Das Planspiel als Hilfsmittel zum Ausbilden des Schaltpersonals.
E. G. Tietze und E. Plasa.
Elektrizitätswirtschaft Jg. 1966 (1967), Heft 12, S. 348...354.

Adresse des Autors:

Michel Cuénod, dipl.-Ing. ETH-Z, Dr. sc. techn., c/o Société Générale pour l'Industrie, Avenue Louis Casai 71, 1216 Cointrin GE.

Netzmodelle und Lernschaltanlagen für die Ausbildung und das Einüben des Personals der Elektrizitätswerke

Von H. Wüger, Kilchberg

Seit dem denkwürdigen Black-out vom 9. November 1965 in Nordamerika sind nun bereits mehr als vier Jahre verflossen. Trotzdem die Verhältnisse bei uns wesentlich anders und zwar günstiger liegen, gab das Ereignis unsern Werken Veranlassung, die Lage zu überprüfen und hinsichtlich Reservestellungen — Bemessung der rotierenden Reserven, Notstromgruppen, Ringschlüsse und Bau neuer Leitungen — ist in dieser Zeit manches geschehen. Der Vorschlag von M. Cuenod, Netzmodelle für die Instruktion und das Einüben des Betriebspersonals bereitzustellen, gehört mit in diesen Aufgabenkomplex.

Ich bin überzeugt, dass solche Anlagen je länger je mehr eine absolute Notwendigkeit darstellen und ich begrüsse seine Vorschläge sehr.

Das Problem der Personalinstruktion und Einübung umfasst indessen zwei verschiedene Arten.

Die wichtigere, kompliziertere und teurere, die M. Cuenod in der Form von Netzmodellen zur Diskussion stellt, interessiert vor allem die Werke, die die Grossenergieverteilung und den Energieaustausch mit dem Ausland besorgen (EOS, BKW, ATEL, EGL, CKW, NOK und EWZ).

Es liesse sich kaum ein günstigerer Zeitpunkt denken für diesen Vorschlag. Sowohl an der ETH Lausanne, als auch an der ETH Zürich werden nämlich Neubauten für die elektrotechnischen Abteilungen geplant. In Lausanne steht die Verlegung nach Dorigny bevor und in Zürich soll das alte Physikgebäude umgebaut werden. Leitet man jetzt die nötigen Verhandlungen ein, so können die Dispositionen so getroffen werden, dass die Einrichtungen sowohl für den Schulbetrieb als auch für die Elektrizitätswerke taugen. Da man an beiden Hochschulen offenbar von der Notwendigkeit eines Netzmodelles voll überzeugt ist und auch ohne Mitwirkung der Werke an eine Realisierung denkt, ergibt sich für letztere eine einmalige Gelegenheit, mit tragbarem Aufwand gleich zwei solche Anlagen mitbenützen zu können. Werden die Gespräche frühzeitig aufgenommen, so kann man die beiden Netzmodelle zudem so gestalten, dass sie sich gegenseitig ergänzen.

Es ist jetzt Sache des VSE und der Werke, die Probleme anzupacken und die Verhandlungen mit der ETH aufzunehmen zwecks Abklärung der technischen Fragen, der Kostenteilung und der Betriebsführung.

Ob sich ausser den oben genannten Werken noch andere beteiligen sollten (z. B. SI Genève, CVE, SRE, EEF, EKZ etc.), wäre zu prüfen.

Neben diesem Problem der höheren Ebene besteht aber weiterhin das seinerzeit in meinem Aufsatz angetönte Problem der Instruktion und Trainierung des Betriebspersonals in Verteilunterwerken. Zwar liegen da die Verhältnisse wesentlich einfacher. Während aber die Aufgaben bei der Grossverteilung und im internationalen Verbund in den Händen von Ingenieuren liegen, sind in den Unterwerken meist Leute aus dem Handwerkerstand eingesetzt. Für sie gelten andere Maßstäbe, aber das Bedürfnis nach Übung ist ebenso gross. Das gilt namentlich auch dann, wenn grössere Fernsteuer-Zentren durch Computer gesteuert werden, wobei dann selbstverständlich auch die Instruktion andere Formen annehmen muss. Daher rechtfertigt es sich durchaus, auch für diese Kategorie von Leuten ein geeignetes Instruktions-Instrument zu schaffen. Dabei würde es wahrscheinlich genügen, vorwiegend die Funktionen im Kommandoraum zu berücksichtigen. Die «Lehrschaltanlage», worunter je 1...3 Felder für 16, 50 und 220 kV zu verstehen wären, könnte relativ klein und einfach gehalten werden und viele damit wesentlich billiger aus. Da und dort werden ältere Unterwerke abgebrochen und durch neue ersetzt. Vielleicht liesse sich ein bestehendes Gebäude für die Zwecke eines Instruktionszentrums verwenden. Eine solche Anlage kann einem relativ grossen Kreis dienen, sodass auf die einzelnen Unternehmungen nur ein relativ kleiner Anteil entfällt.

Schliesslich wäre die Frage zu prüfen, ob und allenfalls in welcher Form sich bei der einen oder andern Anlage auch die Projektierungsgesellschaften sowie allenfalls die Industrie beteiligen könnten.

Adresse des Autors:

Hans Wüger, dipl.-Ing. ETH-Z, a. Direktor der EKZ, Baldernstrasse 15, 8802 Kilchberg.