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: 87 (1996)

Heft: 21

Artikel: Systemstudien erhöhen die Sicherheit und Verfügbarkeit : eine nützliche Dienstleistung für die elektrische Energieversorgung

Autor: Wirth, Ernst

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902380

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: 10.12.2025

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

Bei der Planung und im Betrieb elektrischer Energieversorgungssysteme ist es häufig notwendig, Studien durchzuführen und das Verhalten der Systeme mit geeigneten Modellen zu bestimmen. Die heute zur Verfügung stehenden Methoden und Rechenprogramme gestatten, kritische Vorgänge und Betriebsbedingungen zu simulieren und zu beurteilen. Damit kann ein wesentlicher Beitrag zur Sicherstellung eines störungsfreien und wirtschaftlichen Betriebs der Anlagen und Netze geleistet werden.

Systemstudien erhöhen die Sicherheit und Verfügbarkeit

Eine nützliche Dienstleistung für die elektrische Energieversorgung

■ Ernst Wirth

Der Verbrauch elektrischer Energie hat sich in den letzten Jahren ständig erhöht. Dieser Trend wird vermutlich auch in der Zukunft anhalten, und es muss vor allem in Schwellen- und Entwicklungsländern mit einer weiteren starken Zunahme des Energiebedarfs gerechnet werden. Dabei werden von der Verbraucherseite folgende Hauptanforderungen an die Energieversorgung gestellt:

- Sicherheit der Anlagen
- hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit
- Wirtschaftlichkeit der eingesetzten Systeme
- Umweltverträglichkeit der angewandten Technologien

Die Verfügbarkeit der Energieversorgung ist planbar. Die Methoden der Zuverlässigkeitstechnik gestatten, quantitative Aussagen über die zu erwartenden Ausfallzeiten zu machen. Durch den direkten Vergleich verschiedener Lösungsansätze erhält man die Möglichkeit, den Aufbau der Systeme und die Redundanz so zu wählen, dass die verlangten Zuverlässigkeitskennzahlen und Ausfallraten eingehalten werden können.

Der Transport elektrischer Energie über grosse Entfernungen bleibt auch in Zukunft ein Schwerpunkt der Systemplanung, da grosse Kraftwerke nach wie vor den wichtigsten Beitrag zur wirtschaftlichen Energieerzeugung leisten, aber die Lastzentren häufig sehr weit von potentiellen Kraftwerksstandorten entfernt sind.

Im Zuge dieser Entwicklung sind Studien zu einer eigenständigen Dienstleistung und einem unverzichtbaren Hilfsmittel bei der Planung und beim Betrieb von Energieversorgungssystemen geworden. Computersimulationen ergeben einen genauen Überblick über das Systemverhalten unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Sie zeigen Grenzfälle und Optimierungsmöglichkeiten für Netze und Anlagen auf und sind im Vergleich zu entsprechenden Versuchen, falls diese überhaupt durchführbar sind, erheblich wirtschaftlicher.

Weitere Anwenderstudien und Optimierungsaufgaben sind durch den Einsatz

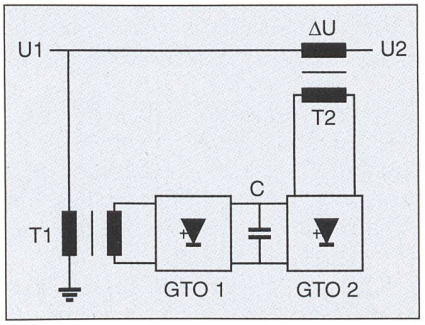


Bild 1 Prinzipschaltbild eines universellen Lastflussreglers UPFC
UPFC Unified Power Flow Controller

Adresse des Autors
Ernst Wirth, ABB Hochspannungstechnik AG
Abt. Systemtechnik AET, 8050 Zürich

Aufgabenstellungen für Systemstudien

Kosten-Nutzen-Analysen
Lastfluss- und Kurzschlussuntersuchungen
Auslegung von Blindleistungskompensationseinrichtungen
Stabilitätsberechnung (statisch und dynamisch)
Simulation von Ausgleichsvorgängen
Ermittlung von Oberschwingungsspannungen und -strömen
Verfügbarkeitsplanung und Zuverlässigkeitsanalysen
Festlegung der Systemredundanz
Spezifikation und Layout von Systemen
Dimensionierung von Netzkomponenten
Auswahl der Schaltgeräte
Auslegung von Erdungssystemen
Untersuchung von internen und externen Überspannungen
Festlegung des Isolationspegels für Systemkomponenten
Auswahl und Positionierung von Überspannungsableitern
Behandlung von Regelungsproblemen
Optimierung von Betriebsparametern
Abklärung von Fehlfunktionen und Betriebsstörungen
Entwicklung von Lastabwurfstrategien
Schutzauslegung (Konzept, Geräteevaluation, Parametereinstellung)

Tabelle I Studien und Dienstleistungen für Energieversorgungsunternehmen

neuerer Technologien bedingt, die eine Reihe von Möglichkeiten bieten, die Energiesysteme besser zu nutzen und die Qualität der Energieversorgung zu verbessern.

Als Ergänzung zu konventionellen Betriebsmitteln sind vor allem FACTS-Komponenten (Flexible AC Transmission Systems) in der Lage, den Netzzustand optimal zu beeinflussen. Als Beispiel sei der universelle Lastflussregler UPFC (Unified Power Flow Controller) mit zwei GTO-Umrichtern und Spannungszwischenkreis erwähnt (Bild 1). Durch eine mit veränderlichem Phasenwinkel eingekoppelte serielle Zusatzspannung ΔU lässt sich der Wirk- und Blindleistungsfluss im Zweig so regeln, dass der gewünschte Netzzustand unterstützt wird [1].

Sicherheit und Wirtschaftlichkeit durch Systemstudien

Ein Schwerpunkt bei der Projektplanung ist die Evaluation und der Vergleich verschiedener Lösungsmöglichkeiten in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht. Dabei sind Lösungen vorzuschlagen, die den jeweiligen lokalen Gegebenheiten Rechnung tragen und mit den bereits bestehenden Anlagen verträglich sind. Die Beeinflussung der Umwelt soll durch Energiesysteme möglichst gering gehalten werden. Weiter sind unzulässige elektrische, mechanische und thermische Beanspruchungen der Netzkomponenten zu vermeiden.

Bei der Isolationskoordination und Bemessung von Betriebsmitteln müssen Ursachen und der zeitliche Verlauf der zu erwartenden Spannungsbeanspruchungen untersucht und geeignete Massnahmen getroffen werden, um Durch- und Überschläge zu verhindern oder zumindest die Wahrscheinlichkeit und die Auswirkungen eines Schadens auf ein vertretbares Mass zu begrenzen [2].

Ein weiteres komplexes Gebiet ist die Behandlung von Beeinflussungsproblemen. Zur Verminderung oder Vermeidung von unerwünschten Wechselwirkungen zwischen elektrischen Anlagen können entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Es sind Störungsursachen zu untersuchen und die verschiedenen Möglichkeiten abzuklären, die Anlagen und Geräte so zu bauen oder zu schützen, dass die gegenseitigen Beeinflussungen im zulässigen Bereich bleiben.

Gezielte Systemstudien können einen wesentlichen Beitrag dazu leisten, die genannten Forderungen zu erfüllen und die Energie sicher, zuverlässig und wirtschaftlich bereitzustellen. Die Tabelle I zeigt typische Studien und Dienstleistungen, die für Energieversorgungsbetriebe zu erbringen sind. Die sorgfältige Auswertung von durchgeführten Studien erlaubt, Schwachstellen in vorhandenen Netzen und Anlagen zu lokalisieren, die Ursachen von Betriebsstörungen abzuklären, gezielte Verbesserungsmassnahmen einzuleiten und Ausbauvorschläge zu unterbreiten.

Ein weiterer Vorteil von Netzstudien liegt darin, dass die Eingabedaten zusammen mit den entsprechenden Analyseprogrammen ein funktionsfähiges Simulationsmodell bilden, mit dem jederzeit auf einfache Art die Auswirkungen möglicher Schaltvarianten und anderer Eingriffe in das System untersucht werden können. Nachfolgend wird anhand von Beispielen gezeigt, dass schon mit relativ geringem Aufwand aussagefähige Kriterien ermittelt werden können.

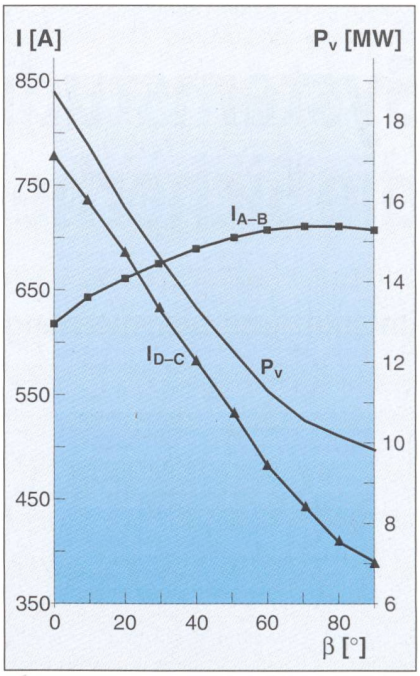


Bild 3 Ströme und Verluste für eine Netzkonfiguration nach Bild 2

Ströme I der beiden Leitungen und totale Verluste P_v (in beiden Leitungen und im eingesetzten Regeltransformator) bei Variation des Phasenverschiebewinkels β der Zusatzspannung ΔU von 0 Grad (Längsregelung) bis 90 Grad (Querregelung)

I_{A-B} Strom der 380-kV-Leitung
I_{D-C} Strom der 220-kV-Leitung
P_v totale Verluste

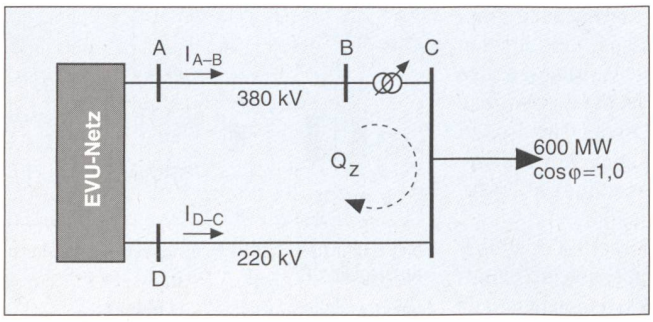


Bild 2 Einsatz eines Regeltransformators in einem 220/380-kV-Übertragungsnetz

Typische Beispiele durchgeführter Systemstudien

Optimierung von Netzverlusten

Ein Schwerpunkt liegt bei den Energieversorgungsunternehmen gegenwärtig auf der besseren Ausnutzung bestehender Systeme und Reduzierung der Verluste. Dies kann zum Beispiel dadurch geschehen, dass man in den Leistungsfluss der Netze, der sich aus den Einspeisungen, Impedanzen der Leitungen und Transformatoren sowie den Belastungen an den einzelnen Netzknoten ergibt, mit Regelmechanismen eingreift. Ein gezielter Einsatz von Regeltransformatoren kann sich auf die entstehenden Betriebsverluste und damit auf die Wirtschaftlichkeit der Energieübertragung positiv auswirken.

Die Übersetzung geregelter Trafos ist mit einem Stufenschalter unter Last einstellbar. Bei Längsregelung ist die zusätzliche Spannung ΔU auf der geregelten Seite in Phase mit der Spannung der Hauptwicklung, bei Querregelung hingegen liegt der Zusatzvektor mit einem Winkel von 90 Grad quer dazu. Es sind auch andere Phasenverschiebewinkel wie zum Beispiel von 30 Grad oder 60 Grad gebräuchlich.

Bild 2 zeigt einen Ausschnitt aus einem 220/380-kV-Netz. Zwei Leitungen speisen über eine Distanz von 100 km eine 220-kV-Unterstation. Zur Kopplung der beiden Spannungsebenen soll ein Regeltransformator eingesetzt werden. Die an der 220-kV-Unterstation vorgesehene Übergabeleistung beträgt unter normalen Betriebsbedingungen 600 MW bei einem cos φ von 1,0.

Durchgeführte Lastflussuntersuchungen für das gegebene System zeigen, dass sich mit zunehmender Phasenverschiebung der Zusatzspannung ΔU der Strom I_{A-B} auf der 380-kV-Leitung erhöht, der Strom I_{D-C} auf der 220-kV-Leitung hingegen abnimmt. Der Winkel β der Zusatzspannung (26,4 kV) auf der geregelten Seite des Transformators (220 kV) wurde dabei im Bereich 0 Grad bis 90 Grad verändert (Bild 3).

Da sich bei Längsregelung (β = 0°) trotz reiner Wirkleistungsabgabe eine merkliche Blindleistungszirkulation Q_z einstellt, sind die Verluste P_v im betrachteten Netzabschnitt, der die beiden Leitungen und den Regeltransformator enthält, relativ hoch und betragen ungefähr 18 MW. Bei Querregelung des Transformators (β = 90°) erhöht sich der auf der 380-kV-Leitung übertragene Wirkleistungsanteil, gleichzeitig dazu vermindern sich die Blindstromanteile in den Leitungen stark. Die entstehenden Übertragungsverluste P_v reduzieren sich deshalb auf rund 9,5 MW. Wird ein Preis von 0,05 Franken pro Kilowattstunde angenommen, so ergibt sich für das betrachtete Teilnetz eine Einsparung von ungefähr 3,7 Mio. Franken pro Jahr.

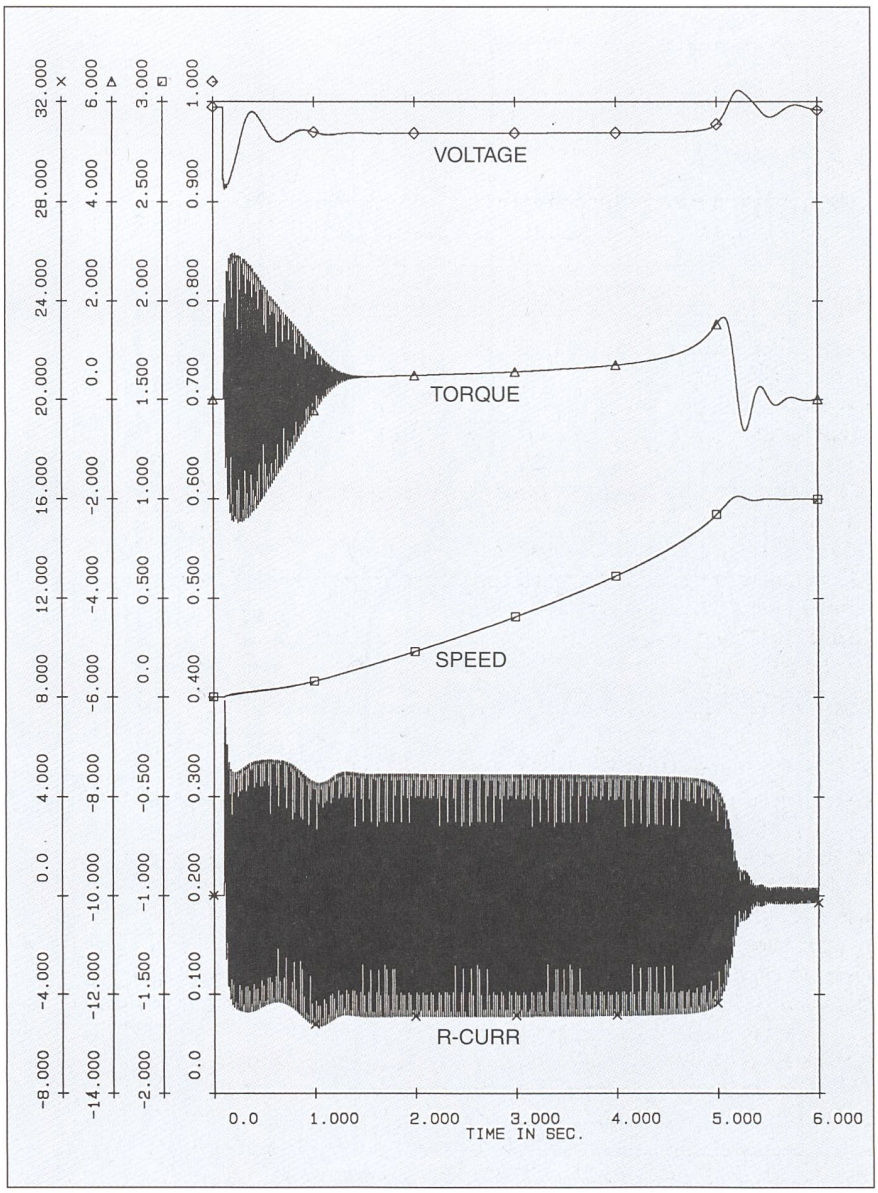


Bild 4 Berechnete Zustandsgrössen einer Asynchronmaschine

Mit Poscodyn berechnete Zustandsgrössen einer 1-MW-Asynchronmaschine in p.u. (per unit) beim direkten Anlauf an einem 6-kV-Netz

VOLTAGE Klemmenspannung — *TORQUE* elektrisches Moment
R-CURR Klemmenstrom — *SPEED* Drehzahl

Wie bereits erwähnt, haben die Netzbetreiber in Zukunft die Möglichkeit, für solche Aufgaben auch FACTS-Elemente (Flexible AC Transmission Systems) wie den universellen Lastflussregler UPFC (Unified Power Flow Controller) einzusetzen. Damit kann analog zum konventionellen Regeltransformator sowohl die übertragene Blindleistung als auch die Wirkleistung geregelt werden. Beim Einsatz von FACTS-Elementen sind aber noch weitere Betriebsvorteile zu erzielen, wie zum Beispiel ein besseres Stabilitätsverhalten des Netzes.

Hochlauf grosser Motoren am Netz

In Industrie- und Kraftwerksnetzen sind Anlaufvorgänge grosser Motoren häufig. Dadurch können starke Spannungseinbrüche verursacht und das Netz kurzzeitig überlastet werden. Oftmals sind deshalb spezielle Massnahmen notwendig, um das sichere Hochfahren zu gewährleisten.

Das sich beim Zuschalten von stillstehenden Asynchronmotoren ergebende Spannungsverhalten – insbesondere der entstehende Spannungseinbruch – ist von der Grösse des Motors, von seinem Anlaufstromverhältnis und von der am Anschlusspunkt zur Verfügung stehenden Kurzschlussleistung abhängig. Sind im betrachteten Netz in der Umgebung der

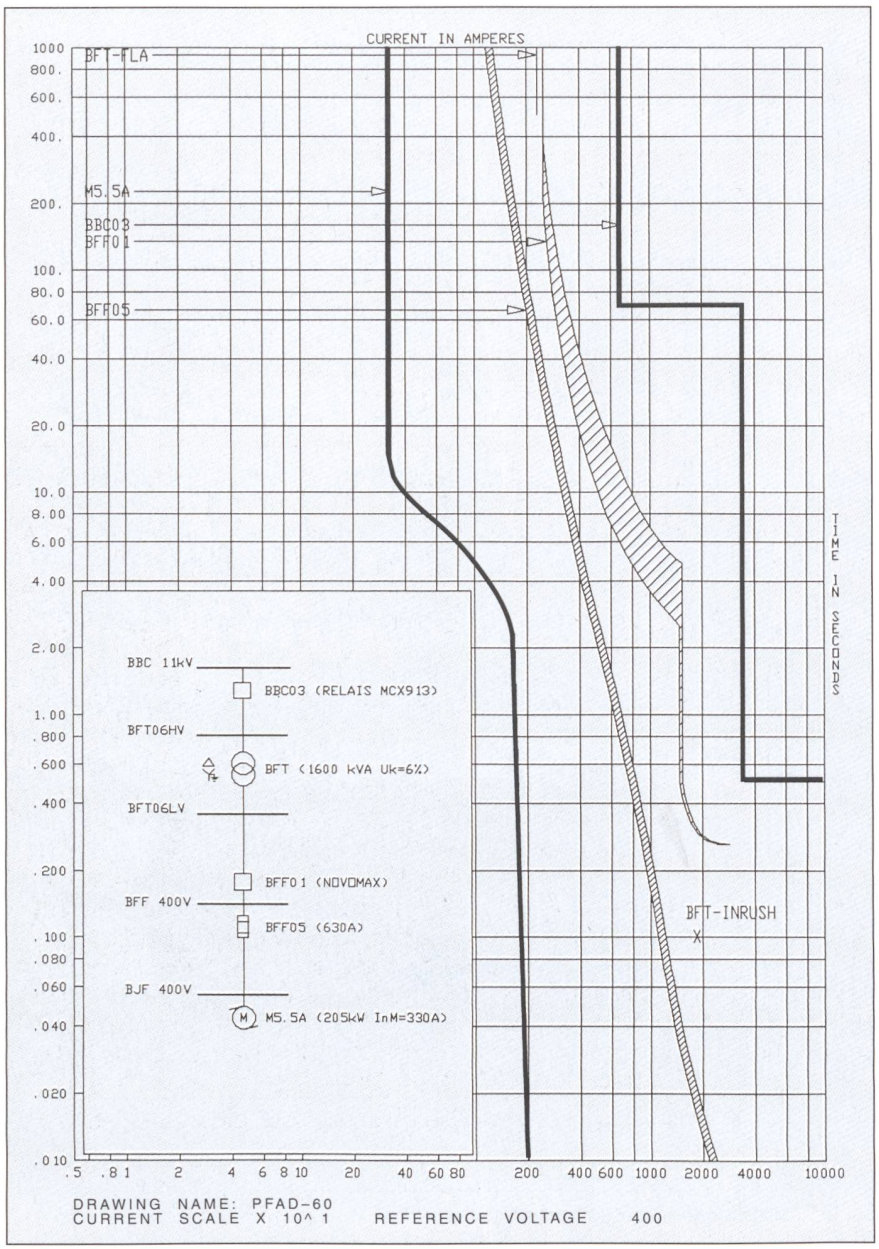


Bild 5 Selektivitätsdiagramm eines Pfades im Netz einer Kehrichtverbrennungsanlage

Durch Aufzeichnen der Auslösekennlinien der vorhandenen Schutzgeräte wird die Selektivität unter Beachtung von Einschaltströmen, Anlaufströmen von Motoren, Gerätetoleranzen und notwendiger Sicherheitsabstände zwischen den Kennlinien kontrolliert.

M5.5A Anlaufstrom des Motors
BFF05 630-A-Sicherung
BFF01 Novamax-Niederspannungsschalter mit integriertem Relais
BBC03 MCX-Multifunktionsrelais des 11-kV-Schalters
BFT-FLA Nennstrom des Transformators
BFT-INRUSH Einschaltstrom des Transformators

Motoren Generatoren vorhanden, wird der während des Hochlaufs entstehende Spannungseinbruch teilweise ausgeregelt. Die Generatoren liefern dann einen Teil der benötigten Blindleistung.

Bei grösseren Motoren ist es vorteilhaft, zur Überprüfung der Anlaufbedingungen eine dynamische Simulation durchzuführen. Das Anlaufverfahren kann dann so gewählt werden, dass der Hochlauf innerhalb der vorgegebenen Zeit auf jeden Fall sichergestellt ist, ohne dass das Netz überlastet und die Maschine unzulässig erwärmt wird. Die Simulation eines Hochlaufs einer 1-MW-Asynchronmaschine an einem 6-kV-Netz ist in Bild 4 gezeigt.

Bestimmung der Einstellparameter für Schutzgeräte in einem Mittelspannungsnetz

Die Einstellwerte der Schutzgeräte sind so zu bestimmen, dass für die vorkommenden Netzschaltungen die Selektivität im Fehlerfall gewährleistet ist. Als Basis für die Einstellung der Relais dienen die Ströme im Normalbetriebszustand und die minimalen Kurzschlussströme bei minimaler Kurzschlussleistung, die in der Regel bei einem zweiphasigen Fehler zu erwarten sind. Hingegen ist für die Kontrolle des Abschaltvermögens der Schaltgeräte und zur Bestimmung der zulässigen Auslösezeiten – die zum Beispiel für Kabel über den 1-s-Grenzstrom bestimmt werden – der maximale Kurzschlussstrom relevant. Dieser tritt bei dreipoligen Fehlern und maximaler Kurzschlussleistung auf.

Die Betriebs- und Kurzschlussströme im Netz müssen durch eine Lastfluss- und Kurzschlussstromberechnung ermittelt werden. Die Wahl der Einstellparameter für die Schutzgeräte hat dann so zu erfolgen, dass die auftretenden Fehler zuverlässig erkannt und selektiv abgeschaltet werden.

Sind im betrachteten Pfad Motoren vorhanden, so ist sicherzustellen, dass die Anlaufströme keine Auslösung des Schutzes verursachen können. Die zu erwartenden Anlaufströme sind deshalb, ebenso wie die Kennlinien von Sicherungen, mitzuberücksichtigen. Der Einschaltstrom von Transformatoren darf ebenfalls keine Auslösung der Relais verursachen. Die Selektivität des Schutzes kann auf einfache Art durch Aufzeichnen der genannten Kennlinien kontrolliert werden.

Bild 5 zeigt das Selektivitätsdiagramm eines Pfades im Netz einer Kehrichtverbrennungsanlage. Im vorliegenden Fall waren die Kennlinien folgender Geräte von Belang: Anlaufstrom des Motors, 630-A-Sicherung, Novamax-Niederspannungsschalter mit integriertem Relais, MCX-Multifunktionsrelais des 11-kV-Schalters. Weiter sind im Diagramm der Nennstrom sowie der Einschaltstrom des Transformators eingetragen.

Rechenprogramme für Netzstudien

Nachfolgend sind die wesentlichen Aufgaben erwähnt, die für die Untersuchung von elektrischen Energiesystemen relevant sind. Entsprechende Computerprogramme werden auch von der Industrie entwickelt und angeboten [3]:

- *Lastflussberechnung:* Berechnung der Spannungen, Ströme und Leistungen im Netz. Der stationäre Netzzustand wird aus den Daten der Netzelemente wie Leitungen und Transformatoren sowie den Belastungen und Einspeisungen an den einzelnen Stationen ermittelt. Die Ausgabe der Resultate erfolgt in der Regel in einem Netzplan (Beispiel für Computerprogramm: Poscodam).

• *Kurzschlussstromberechnung:* Berechnungen der Kurzschlussströme und -leistungen für vorgegebene Fehlerfälle, zum Beispiel bei einpoligen, zweipoligen oder dreipoligen Fehlern. Wie beim Lastfluss erfolgt die Ausgabe der Resultate in einem Netzplan. Diese werden zur Überprüfung der im Netz vorhandenen Kurzschlussleistungen und als Grundlage für die Schutzeinstellung verwendet (Beispiel: Poscodam).

• *Berechnung dynamischer Vorgänge:* Hier stehen Hochlaufvorgänge grosser Motoren oder elektromechanische Schwingungen, die zur transienten Instabilität führen können, im Vordergrund. Ein weiteres Einsatzgebiet solcher Simulationsprogramme ist die Optimierung von Betriebsparametern, zum Beispiel von Spannungsreglern und Turbinen (Beispiele: Poscodyn für Industrienetze und Poscolab für EVU-Netze).

• *Oberschwingungsanalyse:* Ermittlung der Oberschwingungsströme und -spannungen in Netzen mit Stromrichterschaltungen, Bestimmung der Netzrückwirkungen durch Oberschwingungen und Auslegung von Filtern (Beispiel: Fresca).

• *Untersuchung transienter Vorgänge:* Berechnung schneller transienter Vorgänge aller Art in beliebig vermaschten mehrphasigen Netzen wie zum Beispiel von inneren und äusseren Überspannungen, Einschaltströmen, Beeinflussungsspannungen usw. (Beispiel: ATP).

• *Zuverlässigkeitsanalyse:* Verfügbarkeitsplanung und Ermittlung der Zuverlässigkeitskenngrössen technischer Systeme. Es werden verschiedene Methoden eingesetzt, wie zum Beispiel Netzwerkreduktion oder das Minimalschnittverfahren (Beispiel: Prevent).

Seit einigen Jahren stehen die üblichen Netzanalyseprogramme auch als PC-Version zur Verfügung. Zum Teil sind darin mehrere der oben aufgeführten Grundfunktionen integriert. So ist beispielsweise im Stabilitätsprogramm Poscolab auch ein Lastfluss- und Kurzschlussberechnungsmodul enthalten. Neben der oben erwähnten Software sind noch eine Reihe zusätzlicher Programme erhältlich, zum Beispiel für die Darstellung von Selektivitätsdiagrammen und die Ermittlung von Leitungs- oder Motorendaten.

Literatur

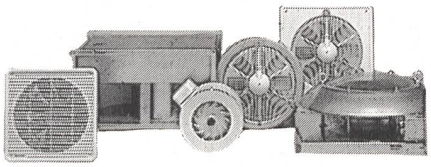
[1] ETG-Tage 95. ETG Fachtagung Lastflusssteuerung in Hochspannungsnetzen, Essen, 10./11.10. 1995. VDE-Verlag GmbH, Berlin-Offenbach.

[2] Asea Brown Boveri Taschenbuch Schaltanlagen (9. Auflage), 1992, ABB Schaltanlagen GmbH, Mannheim.

[3] *E. Wirth, G. Castelli* und *G. Kieboom:* Netzplanungsprogramme für Personal Computer – Sicherheit für elektrische Energienetze. ABB Technik 6/92, S. 33–42.

Etudes de systèmes visant l'augmentation de la sécurité et disponibilité de l'énergie électrique

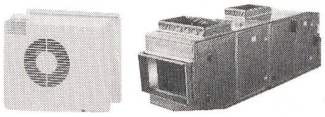
Pour le planning et l'exploitation de systèmes de production d'énergie électrique il est souvent recommandé d'effectuer des études et de définir le comportement des systèmes à l'aide de modèles adaptés. Les méthodes et programmes de calcul disponibles aujourd'hui permettent de simuler et d'évaluer des processus et conditions de service critiques. Les simulations sur ordinateur donnent une bonne vue sur le comportement des systèmes sous différentes conditions de service. Elles mettent en évidence des cas limites et des possibilités d'optimisation pour lês réseaux et installations, et elles sont le plus souvent plus avantageuses que des essais comparables pour autant que ceux-ci soient exécutables. Elles peuvent apporter une contribution essentielle à l'assurance d'une exploitation exempte de perturbations et économique des installations. L'article donne une liste des tâches qu'il est avantageux de résoudre par des études (tableau I), et présente des résultats qui ont été obtenus de cette manière (figures 1–5). On attire finalement l'attention sur le grand nombre de programmes informatiques commercialisés aujourd'hui, qui aident les ingénieurs d'études dans leur travail.



die besten Ventilatoren jeder Art, für jeden Verwendungszweck

für Gewerbe, Industrie, Wohnbau und Sonderanwendungen komplett mit Schalter + Steuerungen. Telefonieren Sie, faxen Sie oder verlangen Sie einen Besuch von ANSON. — ANSON die führende Firma mit kompetenter Beratung, für rasche und preisgünstige Lieferung von Ventilatoren und Zubehör:

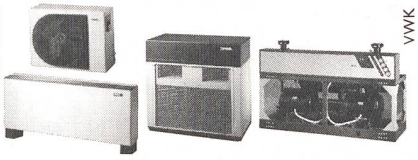
ANSON liefert



energiesparende Ventilatoren, die

Wärme aus der Abluft rückgewinnen und mit Frischluft wieder zuführen: Von ANSON in 18 Ausführungen mit 200—12000 m³/h. Speziell für Büros, Läden, Sitzungszimmer, Restaurants, Fabrikräume etc. Einfach einzubauen. Selbstamortisierend. — Beratung und Offerte vom Spezialisten:

ANSON liefert



VWK

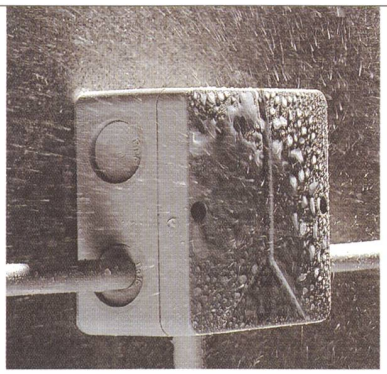
die besten und modernsten Klimageräte, Klimaschränke und Kaltwassersätze

konkurrenzlos günstig. Alle leise, energiesparend und top Design. Lieferprogramm: preisgünstige kleine Klimageräte, auch mobil auf Rollen. Klimatruhen. Split-Klimageräte. Luft- und wassergekühlte Klimaschränke (9—90 kW). Kaltwassersätze (6—280 kW). Gebläse-Konvektoren für Kühlung/Heizung (2,7—25 kW).

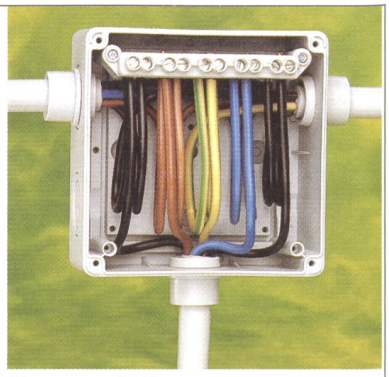
ANSON AG 01/4611111 8055 Zürich Friesenbergstr. 108 Fax 01/463 09 26 **... ist führend in der Technik!**

box

Abzweigkästen der neuen Generation in IP 65



Dichtungstechnik
2-Komponenten-Spritzgießtechnik: Einführungsmembranen und Deckeldichtung aus TPE in einem Guß im Kasten integriert. Dies ermöglicht einen bisher nicht gekannten Installationskomfort, ohne auf die hohe **Schutzart IP 65** verzichten zu müssen.



Klemmentechnik
Abox-Serie mit revolutionärer Klemmentechnik. 4-fach positionierbare, hochgesetzte Klemmen bieten viel Raum für Leitungsgut, schnelle und saubere Verdrahtung und übersichtliche Klemmenanordnung.

Sonderprospekt sofort kostenlos anfordern !

spelsberg

Generalvertretung für die Schweiz
DE-METALL AG Elektrotechnik
Steinhaldenstr. 26 • 8954 Geroldswil
Tel. 01/ 747 80 80 • Fax 01/ 747 80 89

Unifer ABB

Kein *Crash* Ihres Trafos

dank unserer vorbeugenden Diagnosen:

- Öl- und Gasanalysen gemäss IEC-Richtlinien
- Qualitätskontrolle, Zustandsbeurteilung
- Prüfung des Alterungsverhaltens
- PCB-Bestimmungen gemäss DIN 51527
- Jahrzehntelange Erfahrung

zertifiziertes Qualitätsmanagement-System SQS ISO 9002/14001 Reg.-Nr. 10798

ABB Unifer AG / METRATEST
Haselstrasse 16, 5401 Baden
Telefon 056 205 25 24, Fax 056 205 30 00

*f*achbuch- &
Dokumentenservice

- **alle Normen/Vorschriften (weltweit)**
- **jedes Buch aus jedem Verlag**
- **DIN TB/ DIN Katalog etc.**

K. Marbet Industriestrasse 7 3178 Bösingen
Tel. 031 747 58 57 Fax 031 747 58 54

Leistungsbezug begrenzen
LOA 440

Die kleine, intelligente Optimierungsanlage mit der grossen Leistung

- 7 Lastgruppen
- Schaltfolgesteuerung
- Schaltzeitensteuerung
- Prioritätssteuerung
- Trendrechner
- 800 h Datensicherheit
- Programmierung, menuegeführter Dialog

Partner für Elektro-Energie-Optimierung · erfahren · kompetent · individuell beratend seit 1965

detron ag Zürcherstrasse 25, CH 4332 Stein
Tel. 062-873 16 73 Fax 062-873 22 10

Fribos STAHL

Im Explosionsschutz kennen wir uns aus

Explosionsgeschützte

- Leuchten
- Installationsgeräte
- Befehlsgeräte
- Meldegeräte
- Steuerungen
- MSR-Geräte
- Feldmultiplexer

Fribos AG, Muttenzerstrasse 125
CH-4133 Pratteln 2, Telefon 061 821 41 41, Fax 061 821 41 53