

JAHRESBERICHT

DES

INSTITUTS FÜR ELEKTRISCHE ANLAGEN

1998

Herausgegeben vom:

Institut für Elektrische Anlagen
Technische Universität Wien

Gußhausstraße 25/373
A-1040 Wien

Telefon: 0043-1-588 01/37301
Telefax: 0043-1-588 01/37399

Redaktion: A.o.Univ.Prof. Dr. H. Müller

Vorwort

Sehr geehrte Freunde unseres Instituts,

wir übermitteln Ihnen wieder einen Jahresbericht über die Aktivitäten unseres Instituts für Elektrische Anlagen.

Die "Liberalisierung der Elektrizitätswirtschaft" stellt derzeit ein interessantes Arbeitsgebiet dar. In Ergänzung zu technischen Fragestellungen gewinnen wirtschaftliche Aufgabenstellungen zunehmend an Bedeutung.

Neben der Untersuchung von Tarifmodellen und der Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Übertragungs- und Verteilsystemen haben wir neue Arbeiten aufgenommen, die sich mit der Bestimmung der verfügbaren Transitzkapazität, dem technischen Engpaßmanagement und dem wirtschaftlichen Risikomanagement beschäftigen, sowie dem Entwurf von neuen technischen Leitsystemen und Stromhandelssystemen.

Mit Beginn des neuen Jahres wird an der TU Wien das neue Universitäts-Organisationsgesetz UOG '95 eingeführt. Im Rahmen dieser Organisationsänderung wird das "Institut für Schaltgeräte- und Hochspannungstechnik" in das "Institut für Elektrische Anlagen" integriert.

Die Stelle des Ordinarius für Schaltgeräte und Hochspannungstechnik wurde im Rahmen von Einsparungsmaßnahmen nicht nachbesetzt. Der vorhergehende Ordinarius Univ.Prof. Dr. Fröhlich hat seinerzeit einen Ruf an die ETH Zürich erhalten. Wir freuen uns, daß er weiterhin auch bei uns die Lehre auf diesem Gebiet im Rahmen von Blockvorlesungen wahrnimmt. Dadurch können wir weiterhin eine hohe Qualität in der Lehre sicherstellen. Die Forschungskooperation mit der ETH auf diesem Gebiet hat sich in den letzten zwei Jahren sehr positiv entwickelt.

Mit dem Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie haben wir uns an den Vorarbeiten zur Gründung eines Kompetenzzentrums für "Energie- und Umwelttechnologie" beteiligt. Das Interesse der Industrie und der Energieversorger ist groß und wir hoffen, daß es gelingt dieses Kompetenzzentrum zu gründen.

Bitte beachten Sie, daß seit Oktober eine neue Telefonanlage vorhanden ist. Hierdurch haben sich unsere Telefon- und Faxnummern geändert. Die neuen Telefonnummern sind im Personalverzeichnis aufgeführt.

Wir möchten uns bei den Elektrizitätsversorgern, der energietechnischen Industrie und den Verbänden für die gute Zusammenarbeit im abgelaufenen Jahr bedanken.

Ich wünsche Ihnen ein frohes Weihnachtsfest, Gesundheit, Glück und Erfolg im neuen Jahr auch im Namen der Mitarbeiter des Instituts

Ihr

Wien, im Dezember 1998

o.Univ.Prof. Dr. Günther Brauner

INHALT

	Seite
1. Personalverzeichnis	1
2. Lehrbetrieb	2
3. Diplomarbeiten	13
4. Dissertationen	14
5. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten	18
6. Forschungsförderung	48
7. Forschungsberichte	48
8. Veröffentlichungen	49
9. Vorträge	50
10. Veranstaltungen/Seminare	50
11. Mitwirkung in Fachgremien	51
12. Einrichtungen des Instituts	52
12.1 Prüf- und Meßeinrichtungen	
12.2 Rechnerausstattung	

1. Personalverzeichnis58801-
Durchwahl

Vorstand	Brauner Günther, o.Univ.Prof. Dr.-Ing. E-Mail: g.brauner@tuwien.ac.at	37310
Stellvertreter	Hadrian Wolfgang, Ao.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. E-Mail: wolfgang.hadrian@tuwien.ac.at	37315
Sekretariat	Gam Sabine E-Mail: s.gam@tuwien.ac.at	37301
Ao.Univ.Prof.	Eltschka Richard, Dipl.-Ing. Dr.techn. Müller Herbert, Dipl.-Ing. Dr.techn. E-Mail: h.mueller+e373@tuwien.ac.at	37311 37319
	Theil Gerhard, Dipl.-Ing. Dr.techn. E-Mail: gerhard.theil@tuwien.ac.at	37317
Univ.Ass.	Kaluza Paul, Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. (bis 30.4.1998) Mayer Thomas, Univ.Ass. Dipl.-Ing. E-Mail: t.mayer+e373@tuwien.ac.at	37318
	Zapreva Susanne, Univ.Ass. Dipl.-Ing. E-Mail: s.zapreva@tuwien.ac.at	37335
wissenschaftl. Mitarbeiter	Hennerbichler Christian, Dipl.-Ing. E-Mail: c.hennerbichler@tuwien.ac.at	37336
	Mair Martin, Dipl.-Ing. E-Mail: martin.mair+e373@tuwien.ac.at	37332
	Raschbacher Franz, Dipl.-Ing. E-Mail: f.raschbacher@tuwien.ac.at	37334
allgem.Univ.Bed.	Jobst Rainer Smolnik Karl, Fachob.Insp.	37339 37338
Zugeweiht dem Institut:	Stimmer Herbert, em.o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c.	
Lehrauftrag am Institut:	Fickert Lothar, Univ.Lektor o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Hofbauer Franz, Univ.Lektor Dipl.-Ing. Dr.techn. Irsigler Manfred, Univ.Lektor Hofrat Dipl.-Ing. Kapfer Ernst, Univ.Lektor Hofrat Rat Dipl.-Ing. Moraw Günter, Univ.Do. Dipl.-Ing. Dr.techn.	

2. Lehrbetrieb

Pflichtlehrveranstaltungen für Studiengang "Energie- und Antriebstechnik"

Kraft- und Umspannwerke

Brauner, G.

5. Semester, 2 VO

Energiewirtschaftliche Grundlagen, Solarkraftwerke, Windkraftanlagen, Hoch-, Mittel- und Niederdruck Wasserkraftwerke, Dampfkraftwerke, Gasturbinenkraftwerke, GUD-Kraftwerke, Kernkraftwerke, Wirtschaftlichkeit von Kraftwerken, Eigenbedarf von Kraftwerken, Aufbau von Schaltanlagen und Einsatz für Netzleitaufgaben.

Energieübertragung und -verteilung

Brauner, G.

6. Semester, 3 VO

Aufgaben der elektrischen Energieübertragung, Leitungen und Kabel, Transformatoren, symmetrische Komponenten, Fehler, Lastfluß, Kurzschlußrechnung, Stabilität, Schutztechnik, Netzzrückwirkung: Oberschwingungen und Flicker, Elektromagnetische Beeinflussung, Überspannungen und Isolationskoordination.

Übungen aus Kraft- u. Umspannwerke

**Theil, Eltschka, Hadrian, Müller,
Mayer, Zapreva**

7. Semester, 1,5 UE

Zum Stoff der Vorlesung "Kraft- und Umspannwerke" werden detaillierte Berechnungsgrundlagen erläutert sowie Rechenbeispiele vorgerechnet. Inhalt: Solarkraftwerke, thermische Kraftwerke, Wasserkraftwerke, Wirtschaftlichkeit von Kraftwerken, Kraftwerksregelung und Netzregelung, Zuverlässigkeit in Kraftwerken, Entstickung und Entschwefelung. Lehrziel: Verstehen der Energieumwandlungsprinzipien, Berechnung von Wirkungsgraden, Analyse von Kraftwerksprozessen, Bewerten der Wirtschaftlichkeit der Energieumwandlung, Verstehen der Zuverlässigkeit.

Übungen aus Energieübertragung und -verteilung

**Müller, Eltschka, Hadrian, Theil,
Mayer, Zapreva**

8. Semester, 2 UE

Zur Vorlesung "Energieübertragung und -verteilung" werden Rechenverfahren erläutert und Rechenbeispiele aus folgenden Gebieten vorgerechnet: Leitungskonstante, Lange Leitung (mit Spannungshaltung und Kompensation), elektromagnetische Beeinflussung, Lastfluß- und Kurzschlußberechnung, mechanische und thermische Kurzschlußwirkungen, transiente Stabilität, Netzzrückwirkungen.

Laborübungen aus Elektrische Anlagen E-A
9. Semester, 3 LU

**Müller, Eltschka, Hadrian, Theil,
Mayer, Zapreva**

Die Laborübungen sollen den Stoff der Vorlesungen Kraft- u. Umspannwerke und Energieübertragung und -verteilung durch praktische Übungen vertiefen. Folgende Übungen sind vorgesehen:

- Erdschluß in Drehstromnetzen
- Messungen an Schutzeinrichtungen elektrischer Maschinen und Anlagen
- Wirk- und Blindleistungsregelung
- Lange Leitung und Kompensation
- Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme
- EMV-Übung 1 Schutz gegen Überspannungen
- EMV-Übung 2 Induktive Beeinflussung
- Netzurückwirkungen

Pflichtlehrveranstaltungen für Studiengang "Automatisierungs- und Regelungstechnik"

Elektrische Anlagen für Regelungstechniker
6. Semester, 1,5 VO

Brauner, G.

Energiewirtschaftliche Grundlagen, Prinzipien der Energieumwandlung: Solar-, Wind-, Wasser-, Dampfkraftwerke, Gasturbinenkraftwerke, Kraftwerks- und Netzregelung, Leitungen und Kabel, Kurz- und Erdschlüsse, Schutztechnik, Schaltanlagen, Netzurückwirkungen industrieller Anlagen: Oberschwingungen, Spannungsänderungen, Flicker, Bewertung von Netzurückwirkungen, Maßnahmen zur Beherrschung von Netzurückwirkungen.

**Übungen aus Elektrische Anlagen für
Regelungstechniker**
7. Semester, 1 UE

**Hadrian, Eltschka, Müller, Theil,
Mayer, Zapreva**

Zur Vorlesung "Elektrische Anlagen" werden die Rechenverfahren erläutert und Rechenbeispiele aus folgenden Gebieten vorgerechnet: Solarkraftwerke, Windkraftwerke, Wasserkraftwerke und thermische Kraftwerke, Kraftwerksregelung und Netzregelung, Wirtschaftlichkeit von Kraftwerken und Netzen, Nennwerte von Leitungen und Kabeln, Spannungsberechnung und Kompensation, Kurzschlußrechnung, Netzurückwirkungen: Oberschwingungen und Flicker, elektromagnetische Beeinflussung. Lehrziel: Berechnen einfacher Energieumwandlungsprozesse, Berechnen der Umweltauswirkungen CO², Schwefel, Stickoxyde, Bestimmung der Kosten der Energieerzeugung und wirtschaftliche Auslegung der Bedarfsdeckung, Auslegung von Netzen unter Berücksichtigung von Netzurückwirkungen, Berechnung von EMV-Problemen und Bewerten von Abhilfemaßnahmen.

**Laborübungen aus Elektrische Maschinen
und Anlagen E-B**
9. Semester, 2 LU

Rummich, E.
parallel mit **Hadrian, Mayer**

Diese Laborübungen finden gemeinsam mit dem Institut für Elektrische Maschinen statt. Sie sollen den Stoff der Vorlesungen "Betrieb elektrischer Maschinen" und "Elektrische Anlagen" durch praktische Übungen vertiefen. Neben den Übungen, die vom Institut für Elektrische Maschinen betreut werden, sind seitens des Instituts für Elektrische Anlagen folgende Übungen vorgesehen:

Induktive Beeinflussung
Schutz gegen Überspannungen

Pflichtlehrveranstaltungen für alle Studienzweige der Studienrichtung Elektrotechnik

Diplomandenseminare
2 SE

(Brauner/Eltschka/Hadrian/Müller/Theil)

Pflichtlehrveranstaltungen für die Studienrichtung Maschinenbau

**Laborübung Elektrotechnik
und Elektronik für MB, VT**

Rummich, E. parallel mit **Mayer**
2 LU

Diese Laborübung findet in Kooperation mit dem Institut für Elektrische Maschinen und Allgemeine Elektrotechnik statt. Vom Institut für Elektrische Anlagen wird der Übungsteil "Grundlegende Messungen der ET" betreut. Im Rahmen der Teilübung soll das Messen von Spannung, Strom, Widerstand und Leistung in Gleich- und Wechselstromkreisen demonstriert werden.

Wahllehrveranstaltungen

EDV-orientierte Projektarbeit für ET
4 AG

**Brauner, Eltschka, Hadrian, Müller,
Theil, Mayer, Zapreva**

Privatissimum für Dissertanten
2 PV

(Brauner/Eltschka/Hadrian/Müller/Theil)

Betrieb elektrischer Netze**Brauner, G.**
2 VO

Allgemeine Anforderungen an den Netzbetrieb,

Normalbetrieb: Wirkleistungs-Frequenz-Regelung primär und sekundär, Spannungs-Blindleistungsregelung im Übertragungs- und Verteilnetz.

gestörter Betrieb: Störung der Wirkleistungsbilanz und Unterfrequenz-Lastabwurf, Störung der Blindleistungsbilanz und Spannungszusammenbruch, Netzwiederaufbau.

Sicherheit im Netzbetrieb: Sicherheitsregeln, Schutzklassen, Vorschriften und Gesetze.

wirtschaftlicher Netzbetrieb: Stromgestehungskosten, wirtschaftliche Kraftwerks-, Leitungs- und Transformatorauslegung.

Netzplanung: Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze.

Netzleittechnik: Aufgaben, Struktur, Fernwirkssysteme.

Planung von Elektroenergiesystemen

(Seminar mit Übungen am Computer)

Brauner, G.
2 SE

Lastmodellierung und Gleichzeitigkeit, Lastflußrechnung und Behandlung von Konvergenzproblemen, Planung von Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetzen, Schwachstellenanalyse, Blindleistungskompensation, Kurzschlußberechnung, Kurzschlußbegrenzung, Erdung und Erdschlußlöschung, Berechnung großer Energiesysteme und Netzreduktion, Oberschwingungsanalyse in Verteilnetzen, Filterauslegung und rechnerische Überprüfung.

Netzurückwirkungen**Brauner, G.**
1,5 VO

Spannungsqualität als Beurteilungsmaßstab, Ursachen für Oberschwingungen: Leistungselektronik, Sättigungserscheinungen, Analyse und Simulationsverfahren für Oberschwingungen, Begrenzungsverfahren für Oberschwingungen, Ursachen für Flickererscheinungen: Schweißanlagen, Lichtbogenöfen, Laständerungen; Analyse und Simulation von Flickervorgängen, Begrenzungsmaßnahmen, internationale Vorschriften. Verstehen der Ursachen für Netzurückwirkungen, Analysieren von periodischen und nichtperiodischen Netzurückwirkungen, Planen von Begrenzungsmaßnahmen.

Simulationsverfahren der Energietechnik**Brauner, G.**
1,5 VO

Beschreibung dynamischer Vorgänge durch Differentialgleichungen, Verfahrensfehler, numerische Stabilität, Zustandsgleichungen, Startwerte, Simulation transienter Vorgänge, mittelfrequente elektromagnetische Ausgleichsvorgänge, elektromechanische Vorgänge, transiente, oszillatorische und statische Stabilität, Regelvorgänge, Simulation von thermischen und hydraulischen Systemen in der Energietechnik.

Seminar Simulationsverfahren**Brauner, G.**
2,0 SE

Übungen mit MATLAB/SIMULINK am PC zur Vorlesung Simulationsverfahren der Energietechnik

Elektrische Installationstechnik**Eltchka, R.**
1,5 VO

Rechtliche und technisch-rechtliche Grundlagen der Installationstechnik, Stromversorgungs- und Verteilanlagen für die Installationstechnik, Netzschutz, Geräte, Niederspannungsschaltanlagen und -verteiler, Erdungsanlagen, Hinweis auf EMV-Problematik, Schaltungstechnik für Kabel und Leitungen, Verbraucherstromkreise, Ersatzstromanlagen, Beleuchtungstechnik, Raumheizung, Aufzugsanlagen. Installationstechnik für Wohnbauten, Großbauten, Bürobauten, Hotels, Krankenhäuser, Industriebauten. Sonderanlagen wie: Nachrichtentechnische Anlagen, Brandmeldeanlagen, Intrusionsschutzanlagen.

Berechnung von Erd- u. Kurzschlüssen in Hochspannungsnetzen**Eltchka, R.**
1,5 VO

Symmetrische Komponenten: Grundlagen, normierte symmetrische Komponenten, symmetrische Komponenten in elektrischen Netzen, Längs- und Querfehler, symmetrische Komponenten der Betriebsmittel, Beispiele. Diagonalkomponenten: Grundlagen, normierte Diagonalkomponenten, Diagonalkomponenten in elektrischen Netzen, Längs- und Querfehler, Diagonalkomponenten der Betriebsmittel, Beispiele. Kombiniertes Rechnen mit Diagonalkomponenten und symmetrische Komponenten.

Störungen und Schutztechnik in elektrischen Netzen**Fickert, L.**
2 VO

Stellung des Schutztechnikern im Betriebsgeschehen (Verantwortung, Analyse und Planung). Netzfehler und Schäden an Anlagen (Ursachen, Auswirkungen, Bedeutung für den Anlagen- und Netzbetrieb). Störungsaufklärung als post mortem Analyse und Werkzeug zur Schwachstellenerkennung (Gerätetechnik, theoretische Grundlagen der schutztechnischen Fehlerberechnung, insbesondere Auswertung von Netzfehlern- und Geräteausfallsstatistiken). Schutzeinrichtungen als Betriebsmittel (Abschalten - Umschalten - Melden - Registrieren), die verschiedenen Funktionsprinzipien von Schutzeinrichtungen (Strom, Spannung, Phasenmessung, abgeleitete Größen) mit Beispielen (Leitungs-, Transformator-, Generator- und Sammelschienenenschutz) und Exkursion.

Elektromagnetische Verträglichkeit**Hadrian, W.**

1,5 VO

- Grundlagen und Definitionen, - Praktische Beispiele, - Ohmsche Beeinflussung, - Die Erde als Wechselstromleiter, - Berechnung von Induktivitäten und Gegeninduktivitäten, - Schirmung,
- Blitzschutz, - Der nukleare elektromagnetische Puls (NEMP)

Blitzschutz**Hadrian, W.**

1,5 VO

Blitze und die mit ihnen verknüpften transienten Felder (engl. LEMP Lightning Electro Magnetic Puls) führen zu starken elektromagnetischen Beeinflussungen am Einschlagsort und über den LEMP auch in der näheren Umgebung. Damit der Blitzschutz zweckmäßig aufgebaut werden kann, müssen die wesentlichen Eigenschaften der Blitze bekannt sein.

- Gewitterentstehung, Blitzphysik, - Blitzparameter und ihre Bedeutung, - äußerer Blitzschutz, - innerer Blitzschutz, - Vorschriftenwesen, - praktische Beispiele

Planung und Betrieb v. Schaltanlagen**Hofbauer, F.**

1,5 VO

Projektierungsgrundlagen, Anforderungen an Spannungsfestigkeit, Stromtragfähigkeit und Kurzschlußfestigkeit, Auswahlkriterien für die zum Einsatz kommenden elektrischen Betriebsmittel, Grundkonzepte elektrischer Anlagen in Innenräumen und im Freien, fabriksfertige Anlagen, Schutzmaßnahmen, Erdungsanlagen, Kabelverlegung, Sekundäranlagen: Eigenbedarfsversorgung, Schaltwarten, Erzeugung und Verteilung der Antriebsenergieträger, Sonderfälle: Elektromagnetische Verträglichkeit, Instandhaltungsmanagement, CAD im Anlagenbau, die Bedeutung der Internationalen Normung, Anwendung der Systemtechnik bei interdisziplinären Problemen (z.B. Aufbau des österreichischen Blitzortungssystems), aktuelle Fragen des Umweltschutzes (z.B. Lärm, Elektromagnetische Felder, Entstickungsanlagen und Entschwefelungsanlagen).

Grundlagen der elektrischen Bahnen**Irsigler, M.**

1,5 VO

Entwicklungstendenzen des Eisenbahnbetriebes, Aufgabenstellung der elektrischen Traktion, Betriebs-, Strom- und Stromversorgungssysteme, Energiebedarf und Energiewirtschaft elektrischer Bahnen, Dimensionierung der Bahnstromerzeugungs- und -verteilungsanlagen, Systemvergleiche und Grenzleistungsprobleme, Gestaltung der Stromversorgungsanlagen, elektrische Triebfahrzeuge, Betrieb elektrischer Bahnen unter besonderer Berücksichtigung des technischen Arbeitsschutzes, Kostenstruktur im elektrischen Bahnbetrieb.

Projektierung Elektrischer Bahnen**Irsigler, M.**

1 VO

- Vergleich der verfügbaren Bahnstromsysteme bei Vollbahnen (technische, betriebliche und wirtschaftliche Kenngrößen von Gleichstromsystemen, Einphasenwechselstromsystemen 16 2/3 Hz und Wechselstromsystemen mit Industriefrequenz)
- Voraussetzung für Elektrifizierungsprojekte (Streckenbelastungen, Investitionsanteile, traktionsabhängige jährliche Betriebskosten)
- Bereitstellung der Traktionsenergie (Ermittlung des Energie-Leistungsbedarfes; Planung des Bahnstromnetzes, der Energieerzeugungs- und Verteilanlagen; Dimensionierung der Anlagen; Kurzzeit - Dauerbelastbarkeit elektrischer Betriebsmittel; Versorgungssicherheit, Verfügbarkeit; Schaltung der Unterwerke, des Fahrleitungsnetzes; Schutzmaßnahmen; Betriebsführung; Fehlerortung)
- Fahrleitungsanlagen (mechanische, elektrische Bemessung)

Grundkonzepte elektrischer Triebfahrzeuge**Kapfer, E.**

1 VO

- Einführung: historische Entwicklung, Vorteile der elektrischen Traktion, Elektrifizierungswürdigkeit
- Hochgeschwindigkeitsverkehr
- automatisierter Fahrbetrieb
- Zugförderungsmechanik (fahrdynamische Grundlagen)
- heutige Ausbildungsmöglichkeiten elektrischer Triebfahrzeuge für Fernbahnen, Nahverkehrssysteme sowie Schmalspur- und Nebenbahnen
- Steuerung elektrischer Triebfahrzeuge
- Wechselstromtriebfahrzeuge
- Gleichstromtriebfahrzeuge
- Mehrsystemtriebfahrzeuge
- Antriebe
- Hilfsbetriebe
- dieselelektrische Triebfahrzeuge

Energieübertragung mit hochgespanntem Gleichstrom**Moraw, G.**

1,5 VO

Grundlagen und Anwendung der Hochspannungs-Gleichstrom-Technik (HGÜ), Funktionsweise von HGÜ-Umrichtern, Auslegung der Hauptkomponenten, Wechselwirkung von HGÜ-Anlagen mit Drehstromnetzen (statisches und dynamisches Verhalten), thyristorgesteuerte Kompensationsanlagen (technische Grundlagen und Auslegung, Einsatzgebiete), Einsatz von leistungselektronischen Betriebsmitteln zur Verknüpfung der europäischen Verbundnetze (Analog- und Digitaluntersuchungen, Projektrealisierung), FACTS (Anwendung von "flexible AC transmission systems" in Drehstrom-Höchstspannungsnetzen)

**Rechnermethoden in der elektrischen
Energieversorgung**

Müller, H.
1,5 VO

"Systemtechnik" (Einleitung). Grundlegende Gebiete aus der Mathematik: Numerische Mathematik, Extremwertaufgaben (Optimierung), Statistik, Graphentheorie. Systemanalyse: Lastfluß-, Kurzschluß-, Stabilitätsberechnung, Zuverlässigkeitsanalyse, Prognose. Einsatz der Verfahren in Betriebsführung und Planung (Hierarchiestufen und systemtechnische Strukturen), Betriebsführung (Protokollierung, Steuer- und Regelaufgaben, State Estimation, Sicherheitsüberwachung, wirtschaftliche Lastverteilung und Fahrplanerstellung), Planung und Unternehmensführung. Datenbanken, Rechnersysteme, Mensch-Maschine(Rechner)-Kommunikation.

**Ausgew. systemtechnische Methoden
der elektrischen Energieversorgung**

Müller, H.
1,5 VO

Kurz- bis mittelfristige Lastprognosen zur Betriebsplanung (Methoden: Zeitreihenanalyse, multiple Regression, Mustererkennung). Höherwertige Betriebsführungs- und -planungsaufgaben, insbesondere: Netzsicherheitsüberwachung und eventuell Zustandskorrektur (Algorithmen: verschiedene, auch rasche/genäherte, numerische Lösungsverfahren für lineare/nicht-lineare und auch überbestimmte Gleichungssysteme); Kraftwerkseinsatzoptimierung und wirtschaftliche Lastaufteilung inkl. Optimallastfluß (Methoden: verschiedene Verfahren der linearen und nichtlinearen Optimierung unter Nebenbedingungen)

**Stationäre Analyseverfahren f. el.
Energienetze**

Theil, G.
1,5 VO

Mathematische Methoden für die Lösung spärlich besetzter linearer Gleichungssysteme, für die Inversion spärlicher Matrizen und für die Lösung von Differentialgleichungssystemen werden behandelt. Danach werden Algorithmen zur Lösung der nichtlinearen Lastflußgleichungen beschrieben (Lastflußrechnung). Nach einem Überblick über Ausfallsimulationsrechnung wird näher auf Estimationstheorie und Lastflußoptimierung eingegangen. Sodann wird ein kurzer Überblick über die grundlegenden Methoden der Kurzschluß- und Stabilitätsrechnung gegeben. Den Abschluß bilden Verfahren zur Abschätzung der Zuverlässigkeit von Komponenten und Systemen für die Verteilung elektrischer Energie. Die Anwendung der wichtigsten hier beschriebenen Methoden wird mit Hilfe von Rechnerprogrammen demonstriert.

Zuverlässigkeit und Statistik i.d. ET

Theil, G.
1,5 VO

Einleitend werden grundlegende statistische Methoden zur Zuverlässigkeitsabschätzung, wie beispielsweise Abschätzung von Dichtefunktionen für Zuverlässigkeitskenngrößen, Kombination der Zuverlässigkeiten von Komponenten zu Zuverlässigkeitsindizes von Systemen, Markov-Prozesse usw., behandelt. Anschließend werden Methoden zur Ermittlung der Zuverlässigkeit von Blockkraftwerkssystemen mit Berücksichtigung der Aushilfe durch ein benach-

bartes Kraftwerkssystem angegeben. Ein weiteres Kapitel behandelt die Abschätzung der rotierenden Reserve und der optimalen Ausbauplanung von Kraftwerkssystemen. Zuletzt werden Verfahren zur Abschätzung der Zuverlässigkeit von Netzkomponenten und von Netzsystemen unter Berücksichtigung der Belastbarkeit der Komponenten besprochen. Die Verfahren werden durch einfache Beispiele, teilweise aber auch anhand von komplexeren Untersuchungen an realen Systemen, praktisch erläutert.

Wahlfach Studienrichtung Architektur

Elektrische Energieversorgung im Bauwesen

Eltschka, R.
VO

Freifächer

Sicherheit in Bauten

Eltschka, R.
VO

**Exkursionen zu Anlagen und Betrieben
der elektrischen Energietechnik**

Eltschka, R.
2 EX

Studienreise 1998 des Instituts für Elektrische Anlagen vom 26.6. - 4.7.1998

Die diesjährige Studienreise führte uns nach Frankreich, wobei der Schwerpunkt auf energie-technischen Anlagen im nördlichen Teil Frankreichs lag. Wir haben vier Tage in Paris und zwei Tage in Strasbourg unser Quartier bezogen, von wo aus wir alle Standorte, mit den für uns wichtigen Anlagen erreichen konnten. An der Studienreise nahmen dieses Jahr 22 Studenten und 8 Institutsmitglieder teil. Auf dem Programm standen folgende Besichtigungen:

- Gezeitenkraftwerk *La Rance*
- *Electricité de France (EdF)* - Abteilung Erzeugung und Übertragung (Direction Saint Denis)
- *Electricité de France (EdF)* - Lastverteiler (CRES Normandie Paris)
- Automobilhersteller *Citroën*
- Laufkraftwerk *Fessenheim*
- Kernkraftwerk *Fessenheim*
- Thermisches Kraftwerk *La Maxe*

Nach einer 15 stündigen Zugfahrt kamen wir gegen Mittag in Paris an. Am ersten Tag hatten wir die Zeit uns kulturellen und baulichen Sehenswürdigkeiten zu widmen und das sprichwörtliche Flair von Paris zu genießen. Von Tour Eiffel über Quartier Latin, Montmatre, Bastille, Versailles bis hin zu den Loire - Schlössern waren überall Mitreisende von unserer Gruppe zu treffen.

Am nächsten Tag fuhren wir mit dem TGV nach Rennes und von dort aus mit einem Bus weiter nach St. Malo. Dort besuchten wir das Gezeitenkraftwerk *La Rance*, welches in der 700m langen Verkehrsverbindung zur Überquerung der Rancemündung untergebracht ist. Diese europaweit einzigartige Einbecken-Anlage, mit 24 Turbinen zu je 10 MW, welche die Energie von bis zu 13,5m hohen Tidenhuben in elektrische umwandelt, war sehr eindrucksvoll. Auch St. Malo, eine kleine Stadt an der Atlantikküste gefiel uns sehr. Am späten Nachmittag ging es dann zurück nach Paris.

Den darauffolgenden Tag verbrachten wir bei dem größten Energieversorgungsunternehmen Europas EdF. Das Unternehmen, das ein ca. 700.000 km langes Netz, 57 Kernkraftwerke, 20

thermische, sowie einige Wasserkraftwerke betreibt, hatte ein sehr informatives Programm für uns vorbereitet gehabt. Den Vormittag verbrachten wir in dem Hauptsitz in Saint Denis, wo Erzeugung und Übertragung untergebracht sind. Dort wurden wir mit einigen Details über Übertragung, Verteilung, Planung, Optimierung und der Position der EdF im liberalisierten Markt vertraut gemacht. Nach dem extravaganten Mittagessen auf Einladung der EdF, widmeten wir uns unserem Nachmittagsprogramm im CRES Normandie Paris, wo uns unter anderem der regionale Lastverteiler gezeigt wurde.

Die Besichtigung der Fertigungsanlagen von Citroën stand auf dem Programm für den nächsten Tag. Dazu fuhren wir ins Citroen-Werk Aulnay, wo jeden Tag bis zu 889 Fahrzeuge hergestellt werden. Dort wurde uns die Produktion des Citroen Saxo präsentiert, beginnend vom Presswerk über den Fahrzeugzusammenbau bis hin zur Endfertigung. Verabschiedet wurden wir schließlich mit einem exzellenten Mittagessen. Am Nachmittag verließen wir die durch die Fußball WM besonders belebte Stadt und machten uns auf den Weg nach Strasbourg.

Am Abend in Strasbourg angekommen, mit noch nicht ganz geordneten Eindrücken von Paris sind wir auf die Schönheit dieser außergewöhnlichen elsässischen Stadt gestoßen. Das Herz Europas trug viel zur Erweiterung unserer Horizonte bei, sowohl in energietechnischer als auch in kultureller Hinsicht.

Das vorgesehene Programm für den ersten Tag in Strasbourg war die Besichtigung des Kernkraftwerks Fessenheim und des gleichnamigen Wasserkraftwerks am Rhein. Am Vormittag besuchten wir das 4x41MW große Laufkraftwerk, zu Mittag ein Museum über Wasserkraftwerke und am Nachmittag das Druckwasserreaktor-Kernkraftwerk mit 2 x 900 MW Leistung.

Am letzten Tag unserer Reise besichtigten wir das thermische Kraftwerk La Maxe. Da sich das Kraftwerk zu dem Zeitpunkt in Revision befand, hatten wir unter anderem die einmalige Gelegenheit einen Kessel von innen, sowie eine offene Turbine zu sehen. Nach einem formidablen Mittagessen in La Maxe fuhren wir nach Strasbourg zurück.

Unser Busfahrer, der über ein enormes kulturelles und geschichtliches Wissen über Strasbourg verfügte, verabschiedete uns mit einer informativen Busrundfahrt durch Strasbourg. Trotz des gedrängten Zeitplans fanden wir aber am letzten Abend noch die Zeit gemeinsam den bekannten elsässischen Flammkuchen mit dem dazu passenden Wein zu verkosten. Als es dann mit dem Zug heimwärts nach Wien ging, fiel es vielen, die gerne noch länger dort geblieben wären, schwer diesem schönen Land "Au revoir" zu sagen.

3. Diplomarbeiten (1998 abgeschlossen)

BERGER, Manfred: Nullspannungsmodulation zur Fehlerortung in kompensierten Netzen.
(Betreuer: BRAUNER)

NEUBAUER, Gerhard: Aufbau der Laborübung Erdschlußkompensation.
(Betreuer: BRAUNER/PLUY/ZAPREVA)

TRABY, Hannes: Heuristische Umstrukturierung von Verteilnetzen in der elektrischen Energieversorgung.
(Betreuer: BRAUNER/PLUY/ZAPREVA)

JANKOWETZ, Peter: Blitzgefährdung in Österreich.
(Betreuer: HADRIAN)

SCHATZL, Franz: Lastprognose in der Elektroenergieversorgung mit lernenden Verfahren (Neurale Netze).
(Betreuer: MÜLLER)

STANGL, Thomas: Berechnungen zur verfügbaren Übertragungskapazität des österreichischen Hochspannungsübertragungsnetzes.
(Betreuer: MÜLLER)

ZÖCHLING, Markus: Kurz- und mittelfristige Einsatzplanung von Erzeugungs-, Verbraucher- und Speichereinheiten unter Berücksichtigung dargebotsabhängiger Energiequellen.
(Betreuer: MÜLLER/BAYRLEITHNER, RUDOLF, Siemens AG Österr.)

ZILLINGER, R.: Zuverlässigkeitsabschätzung für Komponenten von Hochspannungselementen mit Aufgliederung der Netzelemente nach Bundesländern"
(Betreuer: THEIL)

4. Dissertationen (1998 abgeschlossen)

MAYER, T.: Flickeranalyse in Drehstromnetzen zur Bewertung von regenerativen Energieträgern. Dissertation an der Technischen Universität Wien, Mai 1998.

Begutachter: O.Univ.Prof. Dr.-Ing. G. BRAUNER
O.Univ.Prof. Dr. D. DIETRICH

Windkraftwerke in Windparks sowie verteilte Lasten im Energieversorgungssystem können die Qualität der Netzspannung negativ beeinflussen. Sowohl Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern als auch elektronisch kontrollierte Starkstromlasten wie Heizungssysteme, Kompressoren und Motoren erhöhen den Grad der Spannungsstörungen im Energieversorgungssystem.

Ein dreiphasiges Flickermeter wurde entwickelt, das zeitlich synchronisierbar ist, das Analysen in hab-Komponenten durchführen kann und außerdem den zeitlichen Verlauf der Flickerpegel und der Effektivwerte von Spannung und Strom aufzeichnen kann. Die zeitliche Synchronisierung und der Verlauf der Pegel ist für die Analyse der Ausbreitung von Störungen in das Energieversorgungsnetz notwendig. Zur Reduzierung der Datenmenge und Verdichtung des Informationsgehaltes wurden geeignete Analysemethoden und Triggermethoden entwickelt.

Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich mit Feld-Messungen in Windparks, die in Deutschland im April 1998 durchgeführt wurden. Die Aufzeichnung der Effektivwerte von Strom und Spannung im Zeitabstand von 20 ms erlaubt letztendlich die Impedanzbestimmung und somit Aussagen über den gegenwärtigen Netzzustand während der Flickermessung. Folgende Effekte wurden in Windparks untersucht:

- Spannungsschwankungen sowie Flickererscheinungen durch Windböen
- Einfluß von Leistungselektronik auf die Spannungsqualität
- Spannungsschwankungen durch Turmstau- und Turmschatteneffekte
- Einfluß von unterschiedlichen Generatortypen

Es konnte gezeigt werden, daß der Einfluß von Windkraftwerken auf die Spannungsqualität eher als gering einzuschätzen ist: Die Störungen aufgrund von Flicker-Einfluß liegen meistens unter den definierten Grenzwerten. Nur Windkraftanlagen, die direkt ans Netz angebunden sind und feste Drehzahlen haben, können durch Polumschaltungen die Netzqualität entscheidend beeinflussen. Der Einfluß von böigem Wind kann im Spannungsverlauf nachgewiesen werden, führt aber aufgrund der langsamen Vorgänge zu geringen Flicker-Störungen. Ausgenommen davon sind Anlagen, die reine Wirkleistung erzeugen und somit über die Spannung den Phasenwinkel regeln. Turmstauereffekte können vor allem dann Flicker hervorrufen, wenn mehrere baugleiche Anlagen in einem Winpark am gleichen Netzknoten einspeisen: Synchronisierungseffekte bewirken nach mehreren Stunden einen völligen Gleichlauf aller Anlagen. Schließlich wird gezeigt, daß durch Leistungselektronik die negativen Einflüsse der Windkraftanlagen auf die Spannungsqualität wesentlich verringert werden können.

VOELKER, H.: Einflußfaktoren auf die Strompreisgestaltung und Versorgung Österreichs mit elektrischer Energie im liberalisierten Strommarkt Europa. Dissertation an der Technischen Universität Wien, Juni 1998.

Begutachter: Ao.Univ.Prof. Dr.techn. R. ELTSCHKA
Hon.Prof. Dr.techn. P. HARHAMMER

Die vorliegende Dissertation gibt einen Überblick über die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Österreichs unter besonderer Berücksichtigung des Großraumes Wien von den Anfängen bis heute.

Dabei wird auch die zugehörige Strompreisgestaltung dargestellt, wobei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird.

Die Stromversorgung erfolgte in Wien ab 1890 zunächst durch zwei private Unternehmen, die innerhalb der Stadt zwei verschiedene Versorgungsgebiete einrichteten, wodurch sich vorerst keine Konkurrenzprobleme ergaben. Das dritte private Elektrizitätsversorgungsunternehmen plante die Ausdehnung der Stromversorgung auf das gesamte Stadtgebiet, worauf dann Konkurrenzkämpfe zwischen den privaten Gesellschaften begannen. Man konnte sich auch nicht auf ein gemeinsames Stromversorgungssystem einigen.

Aus diesem Grunde und wegen der Elektrifizierung der Pferdestraßenbahn kam es zur Gründung des Städtischen Elektrizitätswerkes, welches nach der Übernahme der privaten Gesellschaften ein Mono besaß. Dadurch konnte im Laufe der Zeit ein einheitliches Versorgungssystem aufgebaut und damit auch ein Synergieeffekt erzielt werden.

Den Zentralteil dieser Arbeit stellen Tarifsysteme für die gegenwärtige elektrische Energieversorgung Österreichs dar. Es folgt ein Ausblick auf die möglichen Wirkungen der Deregulierungsmaßnahmen für den Binnenmarkt der EU auf die Stromversorgung Österreichs.

Es wurden 3 Modelle über eine Neuorganisation der österreichischen Elektrizitätswirtschaft unter Berücksichtigung der Versorgungsbereiche entwickelt und diese dann wirtschaftlich quantifiziert.

Als Ergebnis dieser Arbeit stellt sich dar, daß für "zugelassene Kunden" auf Grund der Liberalisierung je nach dem erreichten Synergieeffekt eine wesentliche Preissenkung zwischen 22% und 35% möglich ist.

Ein Abschnitt über zusätzliche Betätigungsfelder der EVU in der Telekommunikation, in der Müllverwertung sowie in der Trinkwasserversorgung und die wirtschaftliche Bedeutung dieser Diversifizierung im Rahmen neuer gesetzlicher Regelungen rundet die Arbeit ab.

SEISER, M. D.: Momentan- und Kurzfristoptimierung in einem Bahnstromversorgungsnetz mittels Unit Commitment und optimierender Lastflußrechnung. Dissertation an der Technischen Universität Wien, Juni 1998.

Begutachter: Ao.Univ.Prof. Dr.techn. H. MÜLLER

Univ.Do. Dr.techn. A. SILLABER

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung und Einbindung eines rechnerbasierten Konzepts zur Kostenminimierung der via Umformerwerke von der Verbundgesellschaft importierten Energie in das rechnergestützte Betriebsführungssystem. Wie üblich ist die komplexe Aufgabe der wirtschaftlich optimalen und sicheren Betriebsführung und -planung der elektrischen Energieversorgung in systemtechnische Teilprobleme dekomponiert, hat aber hier den besonderen aufbringungs-, netz- und lastseitigen Gegebenheiten der Bahnstromversorgung, mit dem eigenständig betriebenen 110-kV-, 16 2/3-Hz-Wechselstrom-Übertragungsnetz, Rechnung zu tragen. Dies führt zu entsprechenden Anforderungen an die Netzregelung, unter Beachtung der Regelung der Wasserkraftwerke (Speicher), des Fremdbezugs über die Umformerwerke sowie des Verbundbetriebes mit Bahnnetz der Deutschen Bundesbahn, wobei die schnellen Lastschwankungen normalerweise von den Umformersätzen her, die langsamen durch die Wasserkraftwerke ausgeregelt werden.

Demgemäß muß die Umformerwerkoptimierung mit diesen Aspekten der Sekundärregelung eng koordiniert werden und zur Minimierung der Kosten für die über die Umformerwerke bezogenen Energie in die Zielfunktion neben dem Kostenanteil für die Verluste der einzelnen Umformersätze auch den entsprechenden Netzverlustkostenanteil mit einbeziehen. Erreicht wird dies durch entsprechende Nebenbedingungen und durch funktionelle Kombination der kurzfristigen Einsatzoptimierung (Unit Commitment) mit einem ("momentanen") Optimal-Lastfluß.

Eingegangen wird auf die Modellierung der Input-Output-Kurven der Umformersätze, die letztlich quadratisch approximiert werden (mit Annahme eines konstanten Leistungsfaktors, sowie gleichbleibender Anfahrverluste). Zur Gewinnung der Eingangsdaten für die optimierende Lastflußrechnung bzw. zur Ableitung einer Voraussage der Lasten in den Netzknoten (Unterwerken) werden die entsprechenden Lastganglinien durch gleitende zeitliche Mittelwertbildung gefiltert und so, vom hochfrequenten Rauschen bereinigt, trendextrapoliert. Herausgearbeitet werden dabei auch Hinweise für die örtliche Verlagerung der Lastschwerpunkte, sowie bezüglich der recht weitgehenden Korrelation zwischen Wirkleistung und Blindanteil bzw. zur Gesamtlast.

Die "Momentan"-Optimierung wird in quadratischer Formulierung mit Lagrange'schen Ansatz für die Nebenbedingungen angesetzt und nach den Newton-Raphson-Verfahren gelöst. Der Einbezug des Netzes (der Netzverluste) erfolgt dabei durch die linearisierten (inkrementellen) Lastflußgleichungen (differentielle Verlustfaktoren).

Das kombinatorische Problem der Einsatzoptimierung der Umformersätze auf einige Stunden im voraus ist als diskreter, mehrstufiger dynamischer Entscheidungsprozeß über die Zeitschritte formuliert und im Fortschreiten wird durch Auswahl der jeweils optimalen Subzustände die optimale Einsatztrajektorie festgelegt. Die einzelnen Auswahlzustände (Schaltkonfigurationen der Umformersätze) in den einzelnen Zeitschritten sind dabei suboptimale statische ("momentane") Schaltzustände der Sätze mit jeweils optimaler Lastaufteilung. Während letztere über den vorstehend erörterten Optimal-Lastfluß bestimmt wird, werden in der Dissertation für die Festlegung er jeweils günstigsten Schaltkonfiguration mit Beachtung der Lastsituation im Netz eher heuristische Strategien vergleichend untersucht und Umschaltpunktstrategie oder Leistungskonzentrationsstrategie als geeignete Vorgangsweisen vorgeschlagen.

Anhand einiger typischer praktischer (simulierter) Betriebsfälle wird die Funktionalität des gewählten Lösungsansatzes gezeigt und außerdem eine Abschätzung des möglichen Optimierungsgewinns durch optimale Lastaufteilung und Einsatzstrategie vorgenommen.

Abgerundet wird die Arbeit durch ausführliche Angaben zur praktischen Implementierung - insbesondere auch die Einbettung in das Gesamtsystem - mit detaillierten Hinweisen zur Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle, Datenfluß und Rechnertopologie, sowie Schnittstellen für das Zusammenwirken mit anderen Systemkomponenten.

5. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

Im Auftrag der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt werden auf dem Gebiet der Feldmeßtechnik folgende Studien durchgeführt:

Magnetfeldmeßgeräte der unteren Preisklasse als Hilfsmittel bei der Evaluierung von Arbeitsplätzen

W. HADRIAN

Die Furcht vor einer Gefährdung der Gesundheit veranlaßt viele Personen billige Meßgeräte zu kaufen und damit - insbesondere auf Bildschirmarbeitsplätzen Messungen durchzuführen, die dann häufig große Beunruhigung auslösen. Diese Geräte bewerten die Feldstärke nach nicht näher festgelegten "biologischen" Richtwerten. Die Frequenz des Feldes wird nicht angezeigt, der Meßwert jedoch "frequenzgewichtet" beurteilt. Diese Geräte eignen sich daher mit großer Wahrscheinlichkeit nicht, um auf einfache Weise feststellen zu können, ob die in den einschlägigen Normen festgelegten Grenzwerte zum Schutz von Personen eingehalten werden. Andererseits könnten diese Geräte aber vielleicht bei der Evaluierung von Arbeitsplätzen gute Dienste leisten, wenn etwa räumliche Bereich ermittelt werden müssen, in denen Herzschrittmacher gefährdet werden könnten oder Bildschirmstörungen zu erwarten sind.

Messung gepulster, niederfrequenter Magnetfelder

W. HADRIAN

Bei modernen Schweißverfahren oder Einrichtungen zum induktiven Erwärmen ist der Effektivwert der Feldstärke aus technologischen Gründen nur kurze Zeit konstant. Übliche Meßgeräte wie z.B. COMBINOVA MFM 10, RADIANS BMM 3 und andere, benötigen zur Bestimmung eines Meßwertes länger und liefern daher keinen oder keinen vernünftigen Meßwert.

Es wurde daher schon versucht, Geräte mit Hallsonden einzusetzen, das Signal zu speichern und anschließend auszuwerten. Geräte mit Hallsonden werden üblicherweise unter dem Namen Gaußmeter angeboten. Es ist jedoch zu vermuten, daß auch der mit Hallenden ermittelte Meßwert frequenzabhängig ist und sich diese Methode deshalb auch nur beschränkt zur Messung gepulster Magnetfelder eignet. Leider ist die obere Grenzfrequenz der handelsüblichen Gaußmeter in der Größenordnung von 1000 Hz.

Ansatz für eine Modifikation des Flickermeters

C. HENNERBICHLER

Das Flickermeter ist ein genormtes Meßgerät, mit dem die physiologischen Auswirkungen der Leuchtdichteschwankungen von Glühlampen auf den Menschen beurteilt werden. Die Leuchtdichteschwankungen werden von Schwankungen der die Glühlampe speisenden Versorgungsspannung hervorgerufen. Damit liefert das Flickermeter also durch die Nachbildung des menschlichen Empfindens gegenüber Leuchtdichteschwankungen eine Aussage über die Spannungsqualität.

In der europäischen Norm EN 60868 [1], die den Aufbau eines Flickermeters beschreibt, ist als Basis für die zu bewertenden Leuchtdichteschwankungen eine 230V/60W-Glühlampe festgelegt. Dieser Glühlampentyp wurde aufgrund seiner hohen Gebrauchshäufigkeit und großen Flickerempfindlichkeit ausgewählt. Auch heute noch sind in Österreich ca. 35 Millionen Glühlampen im Einsatz [2], daneben werden aber bereits ca. 70 Millionen Leuchtstofflampen und etwa eine Million Hochdrucklampen betrieben.

Aufgrund ihres Aufbaus zeigen die meisten Lampentypen eine geringere Flickerempfindlichkeit als die 230V/60W-Glühlampe. Eine mögliche Abhilfemaßnahme gegen Flickerprobleme ergibt sich daher aus der Änderung einer Beleuchtungsanlage durch einheitliche Verwendung eines gegenüber Spannungsschwankungen unempfindlicheren Lampentyps. In manchen Bereichen mag dies eine wirtschaftliche Art der Bekämpfung von Flickerproblemen darstellen, weil dadurch eine Änderung der Netzsituation vermieden wird. Allerdings wird dabei nicht die Spannungsqualität verbessert sondern nur die Bemerkbarkeit für den Menschen verringert.

Um abschätzen zu können, ob und wie sich eine Änderung der Beleuchtungsanlage, z.B. der Einsatz einer anderen Lampentype in einer bestehenden Anlage, auf die Flickerempfindung auswirkt, wäre eine Modifikation des Flickermeters wünschenswert, und zwar in der Weise, daß es auch eine Aussage über Flicker bei Verwendung unterschiedlicher Leuchtmittel liefert.

Für eine derartige Änderung des Flickermeters ist eine detaillierte Kenntnis des Verhaltens unterschiedlicher Lampenarten bei Spannungsschwankungen erforderlich. Dies wird zur Zeit im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut untersucht.

Meßaufbau

Für die Messung von Beleuchtungsstärkeänderungen bei Spannungsänderungen an verschiedenen Leuchtmitteln wird ein Meßaufbau gemäß Abbildung 1 verwendet. Die wesentlichen Komponenten dieser Meßanordnung sind:

1. Industrie-PC

Hardware: - Funktionsgeneratorkarte mit Analogausgängen
- Signalerfassungskarte 16 Bit, 20 kHz

Software: - LabView®

2. Programmierbarer Verstärker

3. Schnelles Luxmeter mit Analog-Ausgang

4. Lichtdichte Meßkabine mit Aufbau der untersuchten Lampen inklusive Vorschaltgeräten

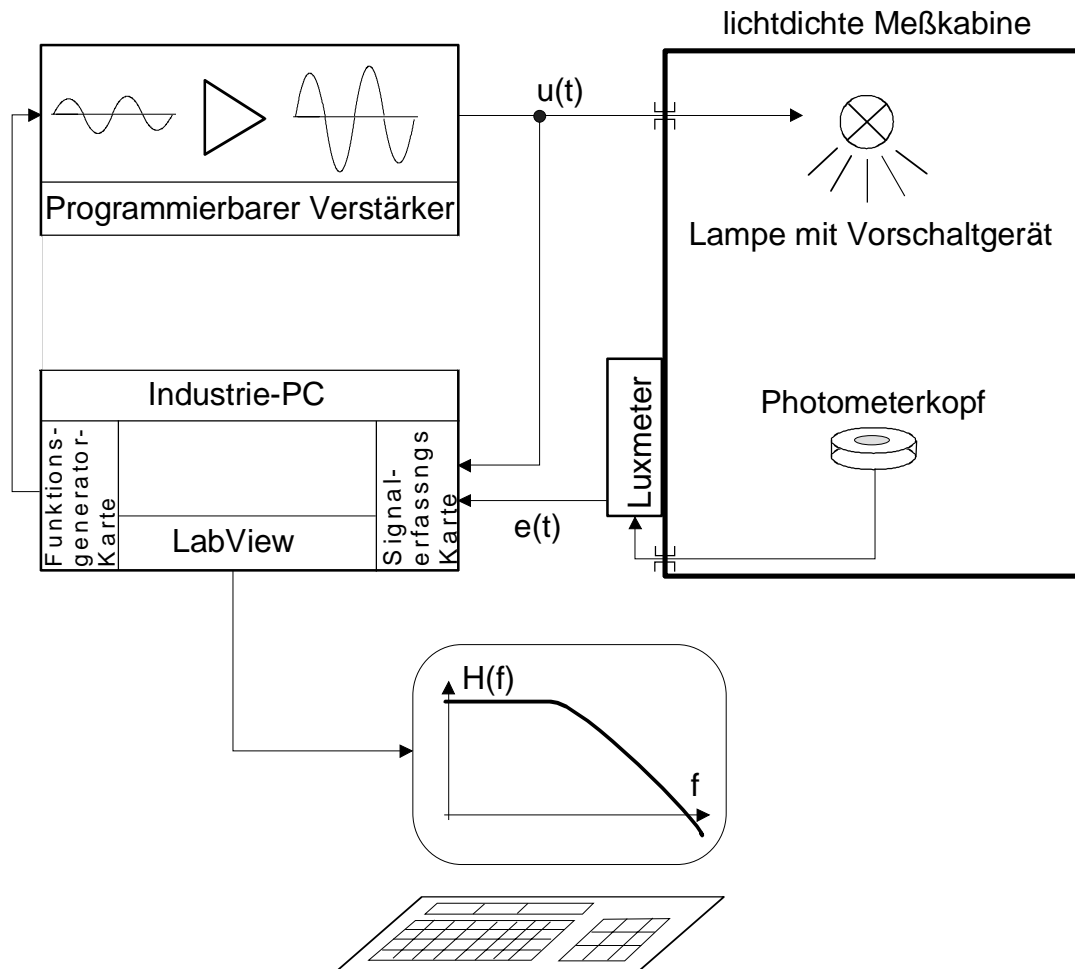


Abbildung 1: Meßanordnung zur Erfassung von Beleuchtungsstärkeänderungen bei Spannungsänderungen an verschiedenen Lampentypen

Prinzip der Messung

Ein beliebiger Spannungsverlauf kann durch Vorgabe eines gewünschten Signalverlaufes für den programmierbaren Verstärker erzeugt werden. Das erforderliche Signal wird im Industrie-PC erzeugt und über die Funktionsgeneratorkarte an den Verstärker ausgegeben. Konkret wird ein 230V, 50Hz – sinusförmiger Spannungsverlauf am Verstärkerausgang erzeugt, dem zusätzlich ein sinusförmiges Signal von einigen Volt im Frequenzbereich bis 50 Hz additiv überlagert wird. Dadurch ergibt sich im quadrierten Spannungsverlauf eine Spektrallinie im Flickerfrequenzbereich. Diese Spektrallinie findet sich auch im Signalverlauf der von der Lampe erzeugten Beleuchtungsstärke wieder, und zwar deshalb, weil die Beleuchtungsstärke dem Lichtstrom der Lampe proportional ist und dieser wiederum der aufgenommenen Lampenleistung, die ihrerseits in Beziehung zum quadrierten Spannungsverlauf steht. Die Beleuchtungsstärke ist der Leuchtdichte proportional und stellt somit ein meßbares Äquivalent für die Leuchtdichte dar.

Die Messung der Spannung an der Lampe $u(t)$ und des Beleuchtungsstärke-Signals des Luxmeter $e(t)$ erfolgt mit Hilfe einer Signalerfassungskarte mit 16 Bit Auflösung und 20 kHz Abtastrate. Über eine Diskrete-Fourier-Transformation können die Spektrallinien im Flickerfrequenzbereich identifiziert werden. Bei frequenzmäßiger Variation des additiv überlagerten Spannungssignals läßt sich aus den gemessenen Spektrallinien der Frequenzgang der Lampen $H(f)$ ermitteln.

Folgende Lampentypen werden in die Untersuchungen mit einbezogen:

- Glühlampen
- Halogenglühlampen mit unterschiedlichen Vorschaltgeräten
- Leuchtstofflampen mit unterschiedlichen Vorschaltgeräten
- Kompaktleuchtstofflampen
- Natriumdampf lampen
- Quecksilberdampf lampen

Anwendung der identifizierten Lampenfrequenzgänge im Flickermeter

Die gemessenen Frequenzgänge der Lampen können im Flickermeter implementiert werden, indem sie gegen das bereits im Bewertungsfilter des Flickermeter enthaltene Tiefpaß-Modell der 230V/60W-Glühlampe ausgetauscht werden.

Aus der dargestellten Vorgangsweise ergeben sich folgende Vorteile:

- Das durch Meßreihen begründete und im Bewertungsfilter des Flickermeters enthaltene Modell für das menschliche Empfinden von Leuchtdichteschwankungen bleibt unverändert erhalten, es sind daher keine neuerlichen Personenversuche erforderlich.
- Die Struktur bereits realisierter Flickermeter kann beibehalten werden, nur das Bewertungsfilter ist entsprechend abzuändern.
- Besonders bei den heutzutage üblicherweise digital aufgebauten Meßgeräten [3] kann eine derartige Änderung des Bewertungsfilters auf einfache Weise vorgenommen werden.

Literatur:

[1] EN 60868; Flickermeter, Funktionsbeschreibung und Auslegungsspezifikation, 1993

[2] Schach, Gernot; VEÖ - Journal, Heft 9: Seite 3, 1998

[3] Ford, John; The VOLTECH Handbook of Testing to IEC555, 1994

Aufbau und Inbetriebnahme einer Meßstation zur Aufzeichnung von Stromverläufen bei direkten Blitzeinschlägen am Gaisberg bei Salzburg

M. MAIR

Im April 1998 wurde ein Forschungsprojekt mit dem Titel „Direct measurement of lightning currents on a telecommunication tower“ unter der Leitung von A.o. Univ.Prof. Dr. Wolfgang Hadrian begonnen. Dieses auf 3 Jahre anberaumte Forschungsvorhaben wird vom Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (FWF Projektnummer 12977-TEC) unterstützt und in bewährter Weise in Zusammenarbeit mit der Abteilung ALDIS des Österreichischen Verbandes für Elektrotechnik (ÖVE) durchgeführt.

Ziele des Forschungsprojektes

Die heute für die Dimensionierung von Schutzeinrichtungen des Blitz- und Überspannungsschutzes zugrundeliegenden Parameter beruhen im wesentlichen auf Messungen, die von Prof. Berger in den Jahren 1963-1971 am Monte San Salvatore in der Schweiz durchgeführt wurden [1].

Vor allem die technologische Entwicklung auf den Gebieten der Mikroelektronik und Telekommunikation brachte im letzten Jahrzehnt eine zunehmende Empfindlichkeit der Geräte gegen Überspannung und damit die Forderung nach kostengünstigen und effizienten Schutzgeräten mit sich. Dabei zeigt die Erfahrung der letzten Jahre sehr häufig, daß die Ergebnisse der Meßserien von Professor Berger den heutigen Anforderung in vielen Details, schon allein auf Grund der damals verfügbaren Meßtechnik, nur beschränkt genügen. Die Durchführung einer analogen Meßserie mit den Möglichkeiten der modernen Meßtechnik ist daher auch nach Ansicht führender Forscher auf dem Gebiet der Blitzforschung unbedingt anzustreben.

Mit der Verfügbarkeit flächendeckender Blitzortungssysteme in zahlreichen Ländern ist ein weiterer wichtiger Aspekt die Untersuchung der Vergleichbarkeit der Parameter von aufgezeichneten Blitzstromverläufen mit den Blitzstromparametern, die vom Ortungssystem aus den Fernfeldimpulsen ermittelt werden.

Aufbau der Meßstation

An Hand der Daten mehrerer Jahre aus dem österreichischen Blitzortungssystem in [2] eine systematische Untersuchung von Orten mit erhöhter Blitzdichte in ganz Österreich durchgeführt. Unter den Orten mit mehr als 40-50 georteten Einschlägen pro Jahr fand sich unter anderen der Gaisberg bei Salzburg. Aufgrund der vorhandenen Infrastruktur die zum Betrieb einer Meßstation über mehrere Jahre erforderlich ist, wurde dieser Standort für Durchführung dieses Forschungsprojektes ausgewählt.

Dank der außerordentlichen Kooperationsbereitschaft der Eigentümer der Sendeanlage am Gaisberg (ORF und Telekom Austria) konnte bereits im Juli 1998 mit der Einrichtung der Meßstation begonnen werden. Der erste Blitzeinschlag konnte am 17.09.1998 aufgezeichnet werden. Bis Ende November wurden bereits mehr als 10 Blitzentladungen mit insgesamt mehr als 30 Teilblitzen aufgezeichnet, die Blitzstromamplituden von mehr als 2kA aufweisen.

Neben diesen wurde auch eine erhebliche Anzahl von Entladungen registriert, die keine Impulsströme aufweisen, sondern aus reinen Gleichströmen von einigen 100A mit einer Zeitdauer von mehreren 100ms bestehen.

Aufgrund des Stromverlaufes können, bis auf eine Ausnahme, alle bisher registrierten Entladungen als Aufwärtsblitze identifiziert werden. Alle Entladungen weisen negative Polarität auf.

Technische Details der Meßeinrichtungen

Der Sendemast am Gaisberg liegt auf einer Meereshöhe von 1283m östlich von Salzburg. Es handelt sich dabei um eine Gittermastkonstruktion mit einer Höhe von 100m.

Zur Erfassung der Blitzeinschläge in die Mastspitze mußte die bestehende Fangeinrichtung an der Mastspitze zur Unterbringung der Meßeinrichtungen entsprechend Abb.1 modifiziert werden.

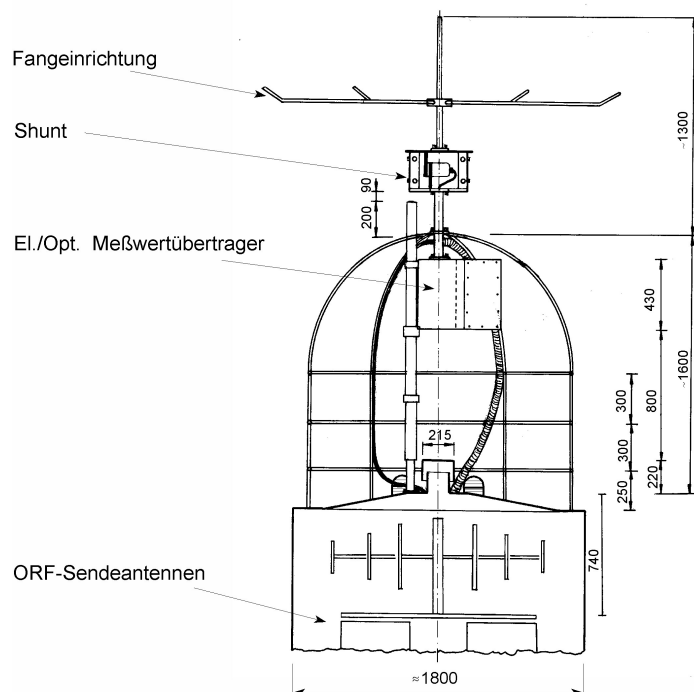


Abb.1: Aufbau der Meßeinrichtungen an der Mastspitze

Der schematische Aufbau der gesamten Meßeinrichtung ist in Abb. 2 gezeigt.

Als Sensorelement kommt ein Shunt mit einem Widerstandwert von $0,25\text{m}\Omega$ und einer Bandbreite von $3,2\text{MHz}$ zum Einsatz. Das Meßsignal wird in zwei Kanälen mit unterschiedlicher Empfindlichkeit über Lichtwellenleiter in das Betriebsgebäude übertragen. Durch diese Meßanordnung können sowohl Gleichströme als auch höherfrequente Komponenten im Bereich des steilen Stromanstieges der Hauptentladung mit einem Strombereich von 50A bis 70kA erfaßt werden.

Die Aufzeichnung der Meßsignale erfolgt mit einer PC-Signalerfassungskarte bei einer Abtastrate von 10MS/s und einer Aufzeichnungsdauer von 1.6 Sekunden. Die maximale Totzeit zwischen zwei Triggerungen beträgt 20 Sekunden.

Die gesamte Meßstation ist für automatischen Betrieb und Fernwartung über Modem eingerichtet.

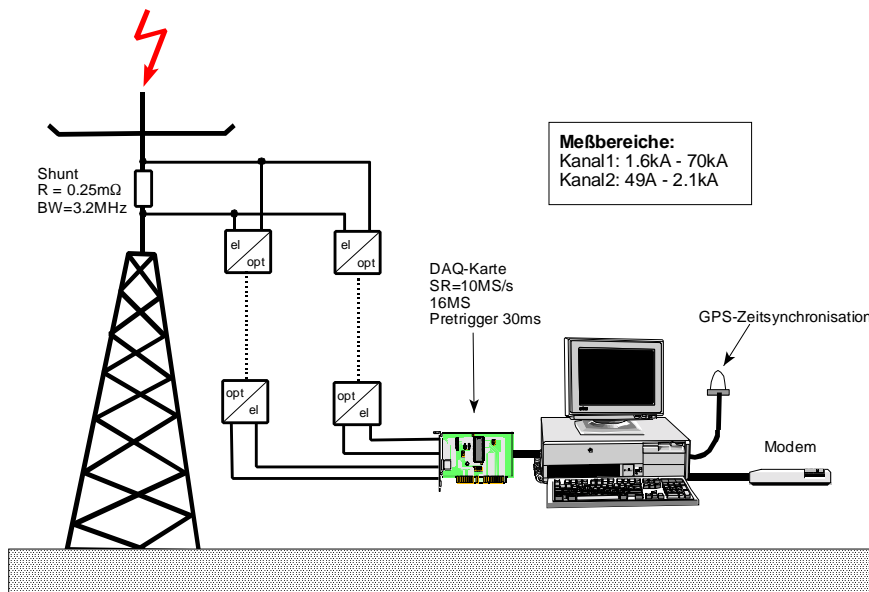


Abb.2: Schematischer Aufbau der Meßeinrichtungen

Ausgehend von den bis zum Frühjahr 1999 durchgeführten Messungen soll im nächsten Schritt eine Optimierung der Einstellung der Meßeinrichtungen hinsichtlich Abtastrate und Empfindlichkeit vorgenommen werden.

Zur näheren Untersuchung der Entladungsformen (Aufwärtsentladung, Seiteneinschläge usw.) der einzelnen aufgezeichneten Stromverläufe soll im Frühjahr 1999 ein Hochgeschwindigkeitsvideosystem installiert werden, das aus Mitteln der Hochschuljubiläumstiftung der Stadt Wien angeschafft wird.

In weiterer Folge ist die Kombination der Strommeßeinrichtung mit einer Aufzeichnung der elektromagnetischen Feldkomponenten im Nah- und Fernfeldbereich vorgesehen, womit die Dämpfungseffekte auf die Feldimpulse im Zuge ihrer Ausbreitung untersucht und dabei direkt dem Stromverlauf an der Einschlagstelle gegenübergestellt werden können.

Literatur:

- [1] Berger, K. et. al: Parameters of Lightning Flashes. Electra n.41, Seite 23-37, 1975.
- [2] Scherney, Ch.: Orte mit erhöhter Blitzdichte. Diplomarbeit TU Wien, Institut für Elektrische Anlagen, Wien 1997.

Modellbildung und Einsatzoptimierung von Brennstoffzellen zur dezentralen Energieversorgung

F. RASCHBACHER

Im Bereich der thermischen Kraftwerke konnte in den letzten 10 Jahren durch Übergang zur Kraft-Wärme Kopplung der Wirkungsgrad wesentlich verbessert werden. In Verbindung mit Fernwärmesystemen wird sogar ein Gesamtwirkungsgrad der Energieerzeugung von bis zu 90 % erreicht. Fernwärmesysteme sind auf Grund der hohen Investitionskosten des Übertragungsnetzes aber nur in Gebieten mit hoher Bevölkerungsdichte wirtschaftlich. Durch den großen Fortschritt auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnologie und im Bereich der Blockheizkraftwerke mit Gas- und Dieselmotoren stellt eine dezentrale Energieversorgung eine immer größer werdende Konkurrenz für das derzeit übliche zentrale Versorgungssystem dar.

In Rahmen dieses Projektes wird die Wirtschaftlichkeit des dezentralen Einsatzes von Brennstoffzellenanlagen zur elektrischen und thermischen Energieversorgung von verschiedenen Verbraucherkollektiven, wie z.B. Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Hochhäuser, Blockbebauungen und große Verwaltungsgebäude, untersucht.

Im speziellen wird ermittelt,

- die Siedlungsdichte, ab der der Einsatz einer Brennstoffzelle wirtschaftlich ist,
- die optimale Größe der Brennstoffzelle für Strom- und Strom-/Wärmeverbrauch,
- Dimensionierung von Wärmespeichersystemen zur Zwischenspeicherung der Abwärme der Brennstoffzelle,
- Empfindlichkeit des Ergebnisses bezüglich Strompreis, Gaspreis, Investitionskosten für die Brennstoffzellenanlage,
- ob Warmwasser mit der Abwärme der Brennstoffzelle oder besser gasgefeuert erzeugt werden soll (optimale Größe),
- wirtschaftlicher Vergleich von dezentraler Kraft-Wärme-Kopplung mit Brennstoffzellen mit zentraler Kraft-Wärme-Kopplung von Großkraftwerken in großstädtischen Ballungsgebieten und Einzelgasheizung unter Berücksichtigung der Emissionen,
- Eignung der Brennstoffzelle als Vorschaltelement in konventionellen Dampf- und Gasturbinenprozessen,
- Eignung der Brennstoffzelle zur zentral koordinierten dezentralen Spitzenenergieproduktion (Telecontrol) trotz der starken Kopplung von thermischer und elektrischer Energieerzeugung und unter Berücksichtigung der Übertragungsfähigkeit der Netze.

Brennstoffzellen

Brennstoffzellen verbrennen auf chemischem Weg Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser. Dabei entsteht Elektrizität und Wärme. Die Entwicklung der Brennstoffzellen hat in jüngster Vergangenheit enorme Fortschritte gemacht. Der Einsatz der Brennstoffzellen zur dezentralen Energieversorgung wird derzeit weltweit getestet und scheint in bestimmten Bereichen bereits konkurrenzfähig zu konventionellen Versorgungssystemen zu sein.

Tab. 1 gibt einen Überblick über die derzeit näher untersuchten Brennstoffzellentypen und deren wichtigste Merkmale, von denen der Typ „PAFC“ bereits als Serienprodukt am Markt verfügbar ist.

	AFC	PEMFC	PAFC	MCFC	SOFC
Temperaturbereich	60-70 °C	85-105 °C	160-220 °C	600-660 °C	900-1000 °C
Besonderheiten	CO ₂ , auch Luft ist schädlich	Luftbefeuchtung notwendig	Elektroden empfindlich gegen CO	CO ₂ -Recycling erforderlich	keramische Zellen
Brenngas Anode	H ₂	H ₂	H ₂	CO, H ₂	H ₂ , CO, (CH ₄)
Brenngas Kathode	O ₂	O ₂ , Luft	O ₂ , Luft	O ₂ , CO ₂ , Luft	O ₂ , Luft
Elektrolyt	wäßrige KOH-Lösung	Polymermembran	konzentrierte Phosphorsäure	Gemisch geschmolzener Karbonate	Keramischer Feststoff (dotiertes Zirkonoxid)
Vorteile	auch bei geringer Arbeitstemperatur sehr gute Kathodenkinetik	einfacher Aufbau wenig Steuer- und Regelungsaufwand	Abwärmepotential für Reformierung nutzbar	interne Reformierung möglich hohes Abwärmepotential	interne Reformierung möglich hohes Abwärmepotential
Nachteile	Abwärmepotential zu gering für Reformierung wegen CO ₂ Empfindlichkeit Luftbetrieb aufwendig	Abwärmepotential zu gering für Reformierung	hohe Spannungsverluste durch Kathodenkinetik	CO ₂ Rückführung notwendig hohe Materialanforderungen wegen aggressiver Schmelze	hohe Materialanforderungen durch die hohe Temperatur
Anwendungen	Raumfahrt, Militär, Fahrzeugantriebe	Raumfahrt, Militär, Fahrzeugantriebe	Kraft-Wärme-Kopplung, Abwärme < 180 °C	Kraft-Wärme-Kopplung, Hochtemperaturabwärme reine Stromerzeugung	Kraft-Wärme-Kopplung, Hochtemperaturabwärme reine Stromerzeugung

Tab. 1. Brennstoffzellen im Vergleich

Brennstoffzellen sind durch die hohen Wirkungsgrade der Energieumwandlung und die äußerst geringe Umweltbelastung für die dezentrale Energieversorgung sehr attraktiv, allerdings sprechen die derzeit noch hohen Investitionskosten gegen einen breiten Einsatz.

Vorgehensweise, Modellbildung

Die thermische Leistung ist bei Brennstoffzellenanlagen stark gekoppelt mit der elektrischen Leistung. Um die zeitliche Verschiebung des thermischen und elektrischen Energiebedarfes berücksichtigen zu können, muß die Modellbildung der Verbraucher von Lastganglinien (täglich und jährlich) ausgehen (siehe Abb. 1).

Nach Abspaltung von Trend- und zyklischen Komponenten der Lastganglinien (thermisch und elektrisch) erfolgt eine Anpassung eines stochastischen Prozesses (ARMA-Modell). Dieses Verbrauchermodell liefert die Eingangsdaten für eine anschließende gemischt-ganzzahlige Optimierung (linearisiertes Modell), in der konventionelle Heiz- und Versorgungssysteme wie Einzelgas- oder Ölheizung oder Fernwärmeanschluß mit dezentralen Brennstoffzellenanlagen verglichen werden.

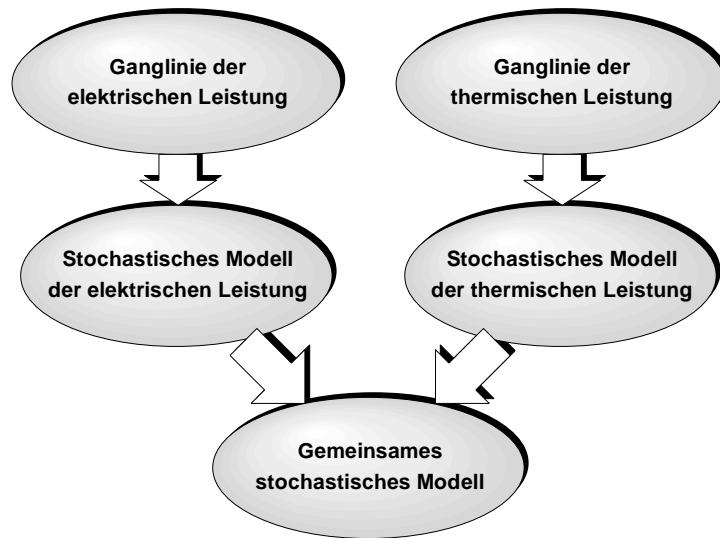


Abb.1. Modellbildung des Leistungsbedarfes der Verbraucher

Abb. 2 zeigt die der Optimierung zu Grunde liegende Prinzipskizze. Die Optimierung liefert eine Auswahl des Brennstoffzellentyps, der notwendigen Leistung der Brennstoffzelle oder eine Vorgabe der maximalen Investitionskosten, bei denen der Einsatz eines Brennstoffzellensystems gleichpreisig zu herkömmlichen Versorgungssystemen ist. Diese Optimierung erfolgt in einer ersten Stufe aus der Sicht des Verbrauchers (Haushalte).

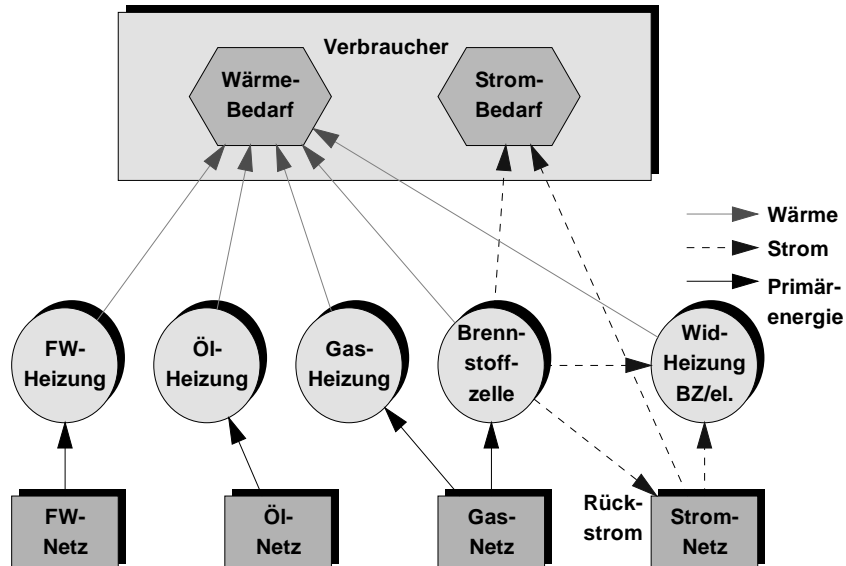


Abb. 2. Prinzipskizze

Literatur

- [1] Energieversorgung mit Brennstoffzellenanlagen '98: Stand und Perspektiven; Tagung Essen, 24. und 25. März 1998 / VDI Gesellschaft Energietechnik, VDI-Verlag 1998

Zuverlässigkeitsabschätzung von Hochspannungsnetzen mit Simulation der Lastflußsteuerung

G. THEIL

1. Einleitung

Die Zuverlässigkeit elektrischer Energienetze ist nicht nur von der Zuverlässigkeit der Netzelemente abhängig, sondern auch davon, wie rasch ein durch einen Ausfall verursachtes Versorgungsdefizit mittels korrekativer Maßnahmen ausgeglichen werden kann. Als Versorgungsdefizit ist hierbei sowohl die Unterbrechung der Energielieferung an die Abnehmer, als auch eine verminderte Qualität der gelieferten Energie, etwa durch zu niedrige Spannung, zu verstehen. Bei Netzen, in welchen die Spannung sehr stark auf den Ausfall von Netzelementen reagiert, dazu zählen beispielsweise Hochspannungs- Kabelnetze dicht verbauter Versorgungsbereiche, muß im Rahmen der Fehlereffektanalyse eine komplexe Lastflußrechnung verwendet werden [1]. Um auch die Auswirkungen korrekativer Maßnahmen auf die Netzelementauslastungen sowie auf die Netzspannung richtig nachbilden zu können, müssen während der Lastflußrechnung Eingriffe zur Lastflußsteuerung simuliert werden. Dazu zählen beispielsweise die Generator- Spannungs- Blindleistungsregelung, das Regulieren von Transformatorstufenstellungen oder das Schalten von Kompensationselementen.

Mit einer konventionellen Lastflußrechnung ist die Spannungsregelung durch Transformatorstufenschalter nur schwer zu realisieren, insbesondere dann, wenn eine Vielzahl von Netzknoten unzulässige Spannung aufweisen. Daher wird die Lastflußsteuerung im vorliegenden Ansatz mit einer optimierenden Lastflußrechnung simuliert, wobei die Summe der Grenzwertüberschreitungen als Zielfunktion dient. Als Optimierungsalgorithmus wird die Evolutionsstrategie [2] verwendet, welche sich auch bei komplizierten Ausfallsituationen mit zahlreichen Grenzwertverletzungen als stabiles Verfahren erwiesen hat [3].

Die Zuverlässigkeitskenngrößen des Netzes werden mit Hilfe der Markov- Methode berechnet. Hierbei wird das extrem umfangreiche Zustandsgleichungssystem in eine große Anzahl von Gleichungssystemen geringer Dimension aufgespaltet, für welche einfache analytische Lösungen existieren [1].

2. Fehlereffektanalyse, korrektive Schaltungen und Lastflußsteuerung

Im Verlauf der Zuverlässigkeitsanalyse werden der Reihe nach sämtliche Ausfallzustände eines Netzmodells simuliert und einer Fehlereffektanalyse unterzogen. Diese umfaßt folgende Operationen:

- Deaktivieren der ausgefallenen Netzkomponenten.
Werden Sammelschienen deaktiviert, so erfolgt sofort die Umschaltung von Lasten, bei geschlossenen Sammelschienen auch von Zweigen, auf betriebsbereite Sammelschienen.
- Verbindungskontrolle, Leistungsaufteilung und Simulation korrekativer Schaltungen.
- Lastflußrechnung mit Lastflußsteuerung, auf Wunsch auf Basis einer optimierenden Lastflußrechnung.

- Grenzwertkontrolle mit symbolischer Reduktion der Lasten in Netzteilen, in denen auch nach der optimierenden Lastflußsteuerung Grenzwertverletzungen auftreten.

2.1 Verbindungskontrolle, Leistungsaufteilung und korrekatives Schalten

Für die Zustände eines jeden Ausfallmodells werden, sofern möglich, automatische unverzögerte oder zeitverzögerte korrektive Schaltungen simuliert. Folgender Algorithmus wird durchlaufen [1]:

- Durchführung einer Verbindungskontrolle zur Ermittlung abgetrennter Knoten.
- Leistungsaufteilung. Wenn in einem Netzteil nach einem Ausfall Erzeugung und Last nicht ausgeglichen sind, werden die Leistungen der im Netzteil befindlichen Generatoren angepaßt oder die Lasten reduziert, sofern sie für eine Lastanpassung freigegeben sind. Kann die Leistungsfehlbilanz in einem Netzteil nicht ausgeglichen werden, so werden dessen sämtliche Verbraucher als nicht versorgt betrachtet.
- Kuppeln nicht versorgter Netzteile mit versorgten.

Die oben beschriebene Prozedur wird so lange wiederholt, bis keine Korrekturschaltungen mehr möglich sind.

2.2 Lastflußrechnung und Simulation der Lastflußsteuerung nach Ausfällen

Für die Lastflußrechnung sind drei Möglichkeiten vorgesehen:

- 1.) Gewöhnliche Lastflußrechnung ohne Lastflußsteuerung. Die Spannung in Generatorknoten (PU-Knoten) wird auf vorgegebene Sollwerte festgehalten. Darüber hinaus werden keine steuernden Eingriffe nachgebildet.
- 2.) Lastflußrechnung mit Minimierung von Grenzwertüberschreitungen. Die Zielfunktion wird durch die gewichtete lineare Summe der Grenzwertabweichungen der Spannungen, der Blindleistungsgrenzen der PU-Generatoren sowie der thermischen Grenzströme gebildet. Regelgrößen sind Generatorspannungen und Transformatorstufen, und wenn dies der realen Betriebsweise entspricht, auch Generatorwirkleistungen. Diskretes Schalten von Kompensationselementen wird durch die Generatorspannungsregelung nachgebildet. Die Optimierung erfolgt mit Hilfe der Evolutionsstrategie [2], [3], und zwar bei jedem untersuchten Zustand. Es wird somit angenommen, daß die Lastflußsteuerung nach Fehlereintritt automatisch unverzögert einsetzt.
- 3.) Die Lastflußrechnung mit Minimierung von Grenzwertüberschreitungen erfolgt ausschließlich bei Zuständen mit zeitverzögerten Korrekturschaltungen. Der Optimierungsalgorithmus ist derselbe wie oben.

Treten nach Beendigung der Lastflußrechnung Leitungsüberlastungen auf, so werden die entsprechenden Zweige abgeschaltet. Anschließend wird abermals der Algorithmus für die Verbindungskontrolle, Lastanpassung und für korrekatives Schalten durchlaufen. Danach wird die Lastflußrechnung wiederholt.

3. Versuchsergebnisse

3.1 Konfigurationen der untersuchten Netze

Netz 1 ist ein reales vorwiegend verkabeltes Netz mit einer 380-kV- und einer 110-kV-Spannungsebene. Es besitzt eine Reihe eigener Kraftwerke sowie zwei Kuppelstellen zum Fremdnetz. Das Netz wird in folgenden Varianten untersucht:

- Variante 1: Grundfall, 77% der Last wird in eigenen Kraftwerken erzeugt.
- Variante 2: Inbetriebnahme einer zusätzlichen Fremdnetzankuppelung mittels einer 380-kV-Leitung, die Einspeisesituation entspricht Variante 1.
- Variante 3: Die Netzstruktur entspricht Variante 1, 30% der Last wird in eigenen Kraftwerken erzeugt.
- Variante 4: Die Netzstruktur entspricht Variante 2, die Einspeisesituation der Variante 3.

Netz 2 besteht aus einer 132-kV-Spannungsebene mit einem Großverbraucher, einem 33-kV- und einem 11-kV-Industrienetz sowie zwei weiteren 11-kV- Netzen zur öffentlichen Versorgung. Die Energieversorgung erfolgt mit einem eigenen Kraftwerk und einer Kuppelstelle zum Fremdnetz. Die nachfolgenden Varianten werden untersucht. Variante 3 und 4 wird erst im nächsten Bericht ausgewertet.

- Variante 1: Grundfall. Die Mittelspannungs- Verbraucher werden größtenteils über geteilte Einfachsammschienen versorgt.
- Variante 2: Auftrennen des 33-kV-Netzes und getrennte Anspeisung der beiden Netzgruppen. Zu diesem Zweck wird ein weiterer Transformator benötigt.
- Variante 3: Im Prinzip wie Variante 1, jedoch Anspeisung der Mittelspannungs- Verbraucher über ungeteilte Einfachsammschienen.
- Variante 4: Wie Variante 3, jedoch geringere Vermaschung im Hochspannungsnetz. Einsparung von vier der elf 132-kV- Kabel.

Die Rechnungen werden hinsichtlich der nach Ausfällen einsetzenden korrektiven Maßnahmen in folgenden Varianten durchgeführt:

- "o" ohne Lastflußsteuerung
- "vz" zeitlich verzögert einsetzende Lastflußsteuerung
- "uvz" unverzögert einsetzende Lastflußsteuerung.

3.2 Zuverlässigkeitsabschätzungen für die Netze

Abbildung 3.1 Netz 1, Nichtverl  lichkeit in h/a
MWh/a

Abbildung 3.2 Netz 1, Ausfallarbeit in

Bei den Varianten 1, 2 und 4 ist der Einfluß der Lastflußsteuerung deutlich in einer Reduktion der Zuverlässigkeitskenngrößen, teilweise bis auf die Hälfte, zu bemerken. In Variante 3 treten dagegen dominierende Ausfallsituationen auf, deren Auswirkungen nicht wesentlich durch steuernde Eingriffe zu beeinflussen sind.

Der Vergleich der Zuverlässigkeitskenngrößen der Varianten 1 und 2 zeigt nur geringe Unterschiede. Die teure Erweiterung des 380-kV- Netzes würde sich folglich auf dessen Basis nicht rechtfertigen lassen. Ein anderes Bild ergibt dagegen der Vergleich der Varianten 3 und 4, welche jeweils den ersten beiden Varianten entsprechen, jedoch stark reduzierte Eigenerzeugung besitzen. Insbesondere die Ausfallenergie ist in Variante 3 extrem hoch. Variante 4 liefert dagegen Resultate im Wertebereich der Variante 2. Daraus folgt, daß das Netz mit deutlich reduzierter Eigenerzeugung, eine Situation welche beispielsweise im Rahmen des liberalisierten Energiemarktes auftreten kann, nur nach Inbetriebnahme der zusätzlichen 380-kV- Fremdnetzeinspeisung sicher betrieben werden kann.

Die gegenüber den Varianten 1 und 2 erhöhte Ausfallenergie der Variante 4 ist eine Folge davon, daß das Netz durch die zusätzliche 380-kV-Doppelleitung Blindleistungsüberschuß aufweist. In gewissen Ausfallsituationen bewirkt dieser Überspannungen, welche bei Variante 4 schwerer zu beherrschen sind als bei Variante 1 und 2.

Abbildung 3.3 Netz 2, Nichtverläßlichkeit in h/a

Abbildung 3.4 Netz 2, Ausfallarbeit in MWh/a

Bei Netz 2 unterscheiden sich die Resultate der mit und ohne Lastflußsteuerung durchgeführten Rechnungen kaum. Da das Netz im Normalzustand keine ausgedehnten geschlossenen Schleifen enthält, ist eine Steuerung der Leistungsflüsse, etwa durch Stufentransformatoren, nicht möglich. Wegen der kurzen Leitungslängen (durchschnittlich 1 km), sind die Spannungsabfälle auch nach Ausfällen meist gering, so daß die Spannungsregelung keinen merklichen Einfluß auf die Zuverlässigkeit ausübt.

Die zusätzlich in Variante 2 vorhandenen Netzelemente bewirken eine deutliche Verbesserung der Zuverlässigkeit der 33-kV- Spannungsebene, was in einer merklich reduzierten Ausfallarbeit und dementsprechend verminderten Ausfallkosten seinen Niederschlag findet.

4. Schrifttum

- [1] Theil, G.: Zuverlässigkeit von Hochspannungsnetzen mit Berücksichtigung des Schlechtwettereinflusses. Forschungsbericht FB 7/1994. Institut für Elektrische Anlagen. Technische Universität Wien.
- [2] Schwefel, H. P.: Evolutionsstrategien. Programme und Benutzeranleitungen. Kernforschungsanlage Jülich, Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung. 1980.
- [3] Theil, G.: Programm zur evolutionsstrategischen Lastflußoptimierung in C. Forschungsbericht FB 1/1996. Institut für Elektrische Anlagen. Technische Universität Wien.
- [4] Theil, G.: Zuverlässigkeitsabschätzung von Hochspannungsnetzen mit Berücksichtigung der Datenunschärfe und mit Simulation der Lastflußsteuerung. Forschungsbericht FB 3/1998. Institut für Elektrische Anlagen. Technische Universität Wien.

Zuverlässigkeitsabschätzung von Hochspannungsnetzen mit Berücksichtigung der Datenunschärfe

G. THEIL

1. Einleitung

Die für ein Energienetz berechneten Zuverlässigkeitskenngrößen sind in zweifacher Hinsicht unscharf. Die Datenunschärfe beschreibt die beschränkte Genauigkeit der Komponenten-Zuverlässigkeitskenngrößen, die Prognoseunschärfe beschreibt die Unsicherheit der zukünftigen Entwicklung des Ausfallprozesses des Systems. Damit sich der Netzplaner mit Sicherheit für eine konkrete Ausbauparallel entscheiden kann, benötigt er Werkzeuge mit deren Hilfe er die zweifach unscharfen System-Zuverlässigkeitskenngrößen in determinierte Entscheidungskennzahlen umwandeln kann.

Die Prognoseunschärfe ist eine systemimmanente Eigenschaft, da die Ausfallabstände prinzipiell unterschiedlich groß sind. Sie läßt sich mit Hilfe der Poissonverteilung quantifizieren [1]. Die Datenunschärfe wird durch folgende Ursachen hervorgerufen:

- Mängel bei der Störungsdatenerfassung, z.B. fehlende Angabe der Ausfalldauer oder fehlende Unterscheidung zwischen sofortiger oder willkürlich verzögerter Zuschaltung nach erfolgter Reparatur.
- Beschränkte Anzahl von Störungsdaten.
- Zu geringe Anzahl von Störungsdaten oder gänzlichliches Fehlen derselben, so daß eine statistische Auswertung unmöglich ist.

Der erste der oben genannten Mängel kann nur durch entsprechende Sorgfalt bei der Störungsdatenerfassung sicher vermieden werden. Der zweite Mangel ist im Rahmen der Störungsdatenauswertung meist als die Regel zu betrachten. Seine Auswirkungen lassen sich jedoch durch die Berechnung von Konfidenzintervallen quantifizieren [2], sofern eine für die Konfidenzschätzung ausreichende Anzahl von Störungsdaten verfügbar ist. Andernfalls liegt ein Mangel des Typs 3 vor. Die Zuverlässigkeitskenngrößen können nun als Fuzzy-Zahlen modelliert werden, indem man für sie Wertebereiche angibt, welche entweder auf Annahmen oder auf unterschiedlichen Literaturangaben beruhen. In der vorliegenden Arbeit wird ein auf der Fuzzy-Logic beruhender Ansatz für die Berechnung der Systemzuverlässigkeitskenngrößen nach der Markov Methode präsentiert [3].

2. Netzelemente und Ausfallmodelle

Um den Umfang des Zustandsraums für das Markov-Modell einzuschränken und für die Zuverlässigkeitskenngrößen des Systems einfache Gleichungen mit analytischen Lösungen zu erhalten, wird das Netz auf Netzelemente, deren Komponenten stochastisch abhängig und unabhängig ausfallen können, aufgegliedert. In einer zweiten Dekompositionsstufe wird jedes Netzelement durch eine Reihe von Ausfallmodellen beschrieben. Unabhängige Doppelausfälle von Komponenten unterschiedlicher Netzelemente werden erst nachträglich mit Hilfe von Näherungsgleichungen behandelt [3].

3. Berücksichtigung der Datenunschärfe bei unsicherer Information über die Komponenten-Zuverlässigkeitskenngrößen

3.1 Anwendung der Fuzzy-Logik auf die Lösung der Markov Zustandsgleichungen

Zur Modellierung einer unscharfen Größe mittels der Fuzzy-Logik wird dieser eine Zugehörigkeitsfunktion zugeordnet, deren Werte zwischen 0 und 1 definiert sind. In Abb. 3.1 ist der Spezialfall einer dreiecksförmigen Zugehörigkeitsfunktion dargestellt. Der Funktionswert 1 ist dem wahrscheinlichsten Wert der unscharfen Größe zugeordnet.

Abbildung 3.1 Dreiecksförmige Zugehörigkeitsfunktion α einer unscharfen Größe λ

Wendet man nun die Fuzzy-Logik auf die Markov-Gleichungen der Zustandswahrscheinlichkeiten an, so sind für die arithmetischen Verknüpfungen entsprechende Gleichungen [4] zu verwenden. Zusätzlich dazu sind folgende Einschränkungen zu beachten:

- Additionen und Multiplikationen dürfen im Prinzip ohne Beachtung spezieller Bedingungen durchgeführt werden. Divisionen dürfen dagegen nur mit unabhängigen Größen durchgeführt werden.
- Bei der Verknüpfung von Übergangsraten innerhalb einer komplizierten Gleichung müssen Abhängigkeiten, welche durch die Zugehörigkeit einzelner Übergangsraten zu gleichen Datenkollektiven entstehen, berücksichtigt werden.

Für ein einfaches Zwei-Zustandsmodell, lautet die Ausfall- und Betriebswahrscheinlichkeit p_a und p_b beispielsweise:

$$p_a = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (3.1a)$$

$$p_a = \frac{\lambda}{\mu} \cdot p_b \quad (3.1b)$$

mit

$$p_b = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (3.2)$$

In Gl. (3.1a) sind Zähler und Nenner abhängig, da sie beide dieselbe Ausfallrate λ enthalten. Für die Anwendung der Fuzzy-Logik ist die Gleichung daher entsprechend umzuformen, zum Beispiel auf die Formulierung der Gl. (3.1b). Da die Betriebswahrscheinlichkeit bei elektrischen Netzen einen Wert nahe bei 1 besitzt, kann sie als annähernd unabhängig von den Übergangsraten λ und μ angesehen werden. Infolgedessen stellt Gl. (3.1b) eine im Sinne der Fuzzy-Logik zulässige Formulierung dar. Bei diesem einfachen Beispiel existieren selbstverständlich auch exakte, für die Anwendung der Fuzzy Logik geeignete Formulierungen, in der Praxis erreichen die Markovschen Zustandsgleichungen jedoch einen so hohen Grad an Komplexität, daß es unumgänglich ist, Näherungen vom Typ der Gl. (3.1b) anzuwenden.

Verwendet man für die Übergangsraten der Netzkomponenten ausschließlich dreiecksförmige Zugehörigkeitsfunktionen, und nimmt man an, daß sich auch für die Zugehörigkeitsfunktionen der Zuverlässigkeitskenngrößen des Gesamtsystems Funktionen in Dreiecksgestalt ergeben, so läßt sich die Aufgabenstellung auf triviale Maximum- und Minimumabschätzungen zurückführen. Zwar besitzen die Zugehörigkeitsfunktionen der Kenngrößen des Gesamtsystems nach exakter Berechnung keine ideale Dreiecksgestalt [5], sie sind jedoch der Dreiecksform so weit ähnlich, daß diese Näherung als gerechtfertigt erscheint.

Mit diesen Annahmen und mit Anwendung der in Kap. 2 erwähnten Dekomposition des Markovschen Zustandsgleichungssystems reduziert sich die Problemstellung auf die Suche der Maxima und Minima für folgende Typen von Zustandsgleichungen [3]:

$$\text{Typ I: } p_a = p_0 \cdot \lambda / \mu \quad (3.3)$$

$$\text{Typ II: } p_a = p_0 \cdot \lambda / \mu_{sw} \cdot (1 + \lambda_{sw} / \mu) \quad (3.4)$$

$$\text{Typ III: } p_a = p_0 \cdot \lambda_{sw} / (\mu_{sw} + \lambda_{sm}) \quad (3.5)$$

Für Gl. (3.4) ergeben sich die Extremwerte beispielsweise zu:

$$p_{a_{\min}} = p_{0_{\min}} \cdot \lambda_{\min} / \mu_{sw_{\max}} \cdot (1 + \lambda_{sw_{\min}} / \mu_{\max}),$$

$$p_{a_{\max}} = p_{0_{\max}} \cdot \lambda_{\max} / \mu_{sw_{\min}} \cdot (1 + \lambda_{sw_{\max}} / \mu_{\min}).$$

Die Wahrscheinlichkeit p_0 ist, abhängig vom jeweiligen Ausfallmodell, entweder die Wahrscheinlichkeit des Normalbetriebs- oder des Wartungszustandes. Für die erste existiert eine exakte Formel [3], die zweite wird in Näherung aus dem Quotienten zwischen Wartungs-Abschalt- und Einschalttrate berechnet. Für die Berechnung der Grenzwerte der Ausfallhäufigkeit existieren ähnliche Gleichungen [3]. λ_{sw} und μ_{sw} sind Schlechtwetterübergangsraten.

3.2 Vergleich von unscharfen Werten

Wenn sich die Maximal- und Minimalwerte der Nichtverlässlichkeiten zweier zu vergleichender Netzausbauvarianten überdecken, so ist das Resultat auf Basis einfacher Anschauung nicht immer eindeutig. Es ist folglich erforderlich, eine entsprechende Inferenzmethode anzuwenden, mit deren Hilfe determinierte Vergleichszahlen berechnet werden können. Zu diesem Zweck wird das in [5] beschriebene Verfahren, welches auf einer Regretfunktion basiert, angewandt.

Ausgehend von zwei zu vergleichenden Konzepten A und B mit den Zuverlässigkeitskenngrößen NV_A und NV_B , für deren Mittelwerte $NV_A < NV_B$ gelte, wird vorerst eine Vorentscheidung für A getroffen und die Zugehörigkeitsfunktion für die Differenz der Kenngrößen

NV_A und NV_B gebildet, wobei nur ihr positiver Teil von Interesse ist, also der Bereich der Fehlentscheidung $NV_A > NV_B$. Diese Zugehörigkeitsfunktion wird hier Regretfunktion $Reg(A/B)$ genannt. Ihr Flächenschwerpunkt ist eine determinierte Kenngröße für das "Ausmaß" der Fehlentscheidung. Anschließend wird eine zweite Vorentscheidung für B getroffen und die Zugehörigkeitsfunktion für die Differenz $NV_B - NV_A$, $Reg(B/A)$ gebildet, welche auf die gleiche Art wie vorhin "defuzzifiziert" wird. Ist nun beispielsweise der Ordinate Abstand des Flächenschwerpunkts von $Reg(A/B)$ kleiner als jener von $Reg(B/A)$, dann ist Konzept A der Vorzug zu geben.

4. Versuchsergebnisse

Die entsprechend der Fuzzy-Modellierung erforderlichen Ober- und Untergrenzen für die Zuverlässigkeitskenngrößen der Komponenten werden auf Basis folgender Informationen gesetzt:

- Da für 110-kV- und 220-kV-Freileitungen, für 220-kV-Sammelschienen sowie für Transformatoren eine ausreichende Anzahl von Störungsdaten vorliegt werden die 95-prozentigen Konfidenzintervalle entsprechender statistischer Auswertungen verwendet.
- Für Hochspannungskabel werden Daten aus entsprechender Fachliteratur verwendet.
- Für die Komponenten der Mittelspannungsebene werden teilweise Daten aus der Literatur, teilweise, insbesondere für Sammelschienen, auch Schätzwerte verwendet.

Die Untersuchungen werden mit denselben Netzen, welche auch im vorhergehenden Bericht verwendet wurden, durchgeführt. Die Erklärungen zu den Bezeichnungen "o", "vz" und "uvz" sind ebenfalls diesem zu entnehmen.

Abbildung 4.1 Netz 1, Ausfallarbeiten in MWh/a

Die auf Basis des Fuzzy-Ansatzes ermittelten Minimal- und Maximalwerte der Ausfallarbeiten unterscheiden sich um Faktoren von teilweise mehr als 10. Dies wird hauptsächlich durch die großen Konfidenzintervalle der Ausfall- und Schaltdauern bewirkt. Bei den Varianten 1 und 2 (Netz 1, hohe Eigenerzeugung) überlappen sich die Streubereiche, so daß die Regretfunktion als Entscheidungshilfe herangezogen wird. Die damit berechneten Entscheidungskennzahlen unterscheiden sich jedoch um nur wenige Prozent. Die beiden Ausbauvarianten sind daher bei hoher Eigenerzeugung als gleichwertig anzusehen. Bei niedriger Eigenerzeugung (Variante 3 und 4) fällt dagegen der Vergleich eindeutig zu Gunsten der Variante 4 aus.

Abbildung 4.2. Netz 2, Ausfallarbeiten in MWh/a

Die Unterschiede zwischen den Maximal- und Minimalwerten der Ausfallarbeiten erreichen auch bei Netz 2 die Größenordnung von 10. Die Konfidenzintervalle überdecken sich bei allen Varianten, weshalb der Vergleich auch hier auf Basis der Regretfunktionen getroffen wird. Die Entscheidungskennzahlen sind in Tabelle 4.1 dargestellt.

Tabelle 4.1 Entscheidungskennzahlen für den Vergleich der Ausfallarbeiten des Netzes 2, Rechnung ohne Lastflußoptimierung

Verglichene Varianten	Entscheidungskennzahlen bei Entscheidung für Variante	Bessere Variante
1 und 2	2,829 bei 1 1,815 bei 2	2
1 und 3	1,882 bei 1 9,510 bei 3	1
3 und 4	7,813 bei 1 8,974 bei 4	3

Der Vergleich der Varianten 1 und 2 fällt knapp, aber eindeutig zu Gunsten der Variante 2 aus. Daraus folgt, daß Maßnahmen zur Verbesserungen der Struktur der Mittelspannungsnetze und deren Anspeisung zielführend sind, zu mindestens, wenn man die Investitionskosten nicht berücksichtigt. Für eine endgültige Entscheidung sollten jedoch auch diese einbezogen werden, welche für Variante 2 unter anderem zusätzliche Kosten eines 90 MVA 132/33-kV-Transformators enthalten. Der Vergleich der Varianten 1 und 3 zeigt deutlich auf, daß ein Ersatz der geteilten Mittelspannungs-Verbrauchersammelschienen (Variante 1) durch ungeteilte nicht zu empfehlen ist. Dagegen bewirkt eine Einsparung von Leitungen in dem in Variante 1 und 4 sehr stark vermaschten Hochspannungsnetz keine deutliche Reduktion der Zuverlässigkeit (Vergleich Variante 3 und 4).

Die mittels der Regretfunktion ermittelten Entscheidungskennzahlen stellen somit Kenngrößen dar, mit deren Hilfe der Netzplaner trotz der Unschärfe, welcher die System-Zuverlässigkeitskenngrößen unterliegen, eindeutig begründete Entscheidungen treffen kann.

5. Schrifttum

- [1] Gebler, H.: Berechnung der Zuverlässigkeitskenngrößen für elektrische Energieversorgungsnetze. Dissertation, Darmstadt 1981.
- [2] Theil, G.: Berechnung von Vertrauensbereichen für Zuverlässigkeitskenngrößen des österreichischen 110-kV- und 220-kV-Netzes. E und M 99(1982), Heft 1, S.12 - 19.
- [3] Theil, G.: Zuverlässigkeitsabschätzung von Hochspannungsnetzen mit Berücksichtigung der Datenunschärfe und mit Simulation der Lastflußsteuerung. Forschungsbericht FB 3/1998. Institut für Elektrische Anlagen. Technische Universität Wien.
- [4] Zimmermann, H.-J.: Fuzzy Set Theory and Its Application. Kluwer Academic Publisher, 1991.
- [5] Miranda, V.: Fuzzy Reliability Analysis of Power Systems. Proceedings of the 12th Power Systems Computation Conference, Dresden 1996, Vol.II, pp. 558 - 566.

Vergleich von Programmen zur Zuverlässigkeitsabschätzung von Hoch- und Mittelspannungsnetzen an Hand eines Mittelspannungsnetzes

G. THEIL und M. THEIL

Am Institut für Elektrische Anlagen der Technischen Universität Wien ist je ein Programm zur Berechnung der Zuverlässigkeit für Hochspannungsnetze (HS) und für Mittelspannungsnetze (MS) verfügbar. Das HS- Programm besitzt gewisse Optionen, welche im MS- Programm bisher nicht vorgesehen sind, jedoch auch für die Zuverlässigkeitsabschätzung von Mittelspannungsnetzen als zweckmäßig erscheinen. Es wird daher in dieser Studie untersucht, ob statt des MS- Programms das HS- Programm für die Zuverlässigkeitsabschätzung typischer Mittelspannungsnetze verwendbar ist. Die Berechnungsergebnisse für den Ausschnitt eines städtischen Mittelspannungsnetzes mit unterschiedlich angenommenen Schutzkonzepten machen deutlich, daß der Einsatz des HS- Zuverlässigkeitsprogramms für die vorliegende Aufgabenstellung nicht empfohlen werden kann. Zweckmäßiger ist es, das MS-Programm entsprechend zu erweitern.

Zuverlässigkeitsabschätzung von Hochspannungsnetzelementen mit Berücksichtigung der geographischen Lage der Netzelemente

R. ZILLINGER, G. THEIL

Die Auswertung des im Jahr 1973 beginnenden Störungsdatenbestandes liefert mit Berücksichtigung der Witterung (Gewitter- und Nicht-Gewitterperioden) Zuverlässigkeitskenngrößen für das österreichische Hochspannungsnetz.

Die Häufigkeit von erfolgreichen Kurzunterbrechungen ist in den beiden höchsten Spannungsebenen am größten. Die meisten Kurzunterbrechungen treten witterungsunabhängig im 220 kV-System auf.

Die auf Freileitungen bei Gewitter vorkommenden Ausfalldauern sind deutlich kleiner als jene unter normalen Witterungsbedingungen. Ausfallhäufigkeiten und Nichtverlässlichkeiten verhalten sich genau umgekehrt, wobei die zwischen Normalwetter- und Schlechtwetterwerten auftretenden Faktoren von der Spannungsebene und von der Größe des Komponentenkollektivs abhängig sind. Je größer die Fläche des Bundeslandes ist, um so mehr Ausfälle sind in diesem während Nicht-Gewitterperioden zu verzeichnen. Die Ausfallhäufigkeiten der einzelnen Bundesländer unterscheiden sich lediglich bei Normalwetter nicht wesentlich voneinander. Sowohl bei den Ausfalldauern als auch bei den Nichtverlässlichkeiten sind in Kärnten und Tirol hohe Werte zu verzeichnen.

Algorithmen zum Bestimmen der freien Transitzkapazität für den Stromhandel und das Engpaßmanagement

S. ZAPREVA

Die neuen Rahmenbedingungen im liberalisierten Elektrizitätsmarkt fordern von den einzelnen Geschäftsbereichen Erzeugung, Übertragung und Verteilung, die durch das Unbundling entstanden sind, einen wirtschaftlich optimalen Betrieb. Für die Energieübertragung als eigenen Geschäftsbereich, der sich aus den Transit- und Durchleitungstarifen tragen muß, heißt das eine möglichst weitgehende Vermarktung der Netzkapazitäten. Dieses Bestreben kann mittelfristig dazu führen das Netz bis an die Stabilitätsgrenzen auszulasten. Daher ist es wichtig, daß der wirtschaftliche Betrieb der Netze nicht auf Kosten der Netzsicherheit und Versorgungsqualität erfolgt. Aus diesem Grund sind Werkzeuge notwendig, die sehr schnell den Abstand des Betriebspunktes des Netzes von dem kritischen Punkt, wo das Netz instabil zu werden droht, zuverlässig berechnen, sowie Netzbereiche, die zur Instabilität neigen rechtzeitig erkennen. Mit Hilfe des hier dargestellten Algorithmus werden solche Aussagen ermöglicht. Bei der Betrachtung der Netzsicherheit werden insbesondere Spannungsstabilität, Verluste, und thermische Grenzbelastung der Betriebsmittel unter Berücksichtigung von einfachen Komponentenausfällen untersucht.

Im Zusammenhang mit der Spannungsstabilität ist der "Voltage Collapse" Punkt von besonderer Wichtigkeit. Dieser Betriebspunkt tritt auf, wenn die Übertragungsgrenze des Netzes d.h. die maximale Wirk- und Blindleistung, die vom Erzeuger bis zum Verbraucher übertragen werden kann, überschritten wird. In der PV- bzw. QV- Kurve ist das der kritische Punkt (Abb. 1 Punkt KP). Wenn die Leistung über den kritischen Punkt hinaus erhöht wird liefert die Lastflußberechnung keine Lösung, was wiederum bedeutet, daß kein statischer Gleichgewichtspunkt des Systems existiert. Wenn also das System in die Nähe der kritischen Last gelangt, kommt es bei der Lastflußberechnung mit einem Standardverfahren, wie z.B. dem Newton-Raphson Verfahren zu numerischen Problemen.

Eine Abhilfe, die es ermöglicht diese Probleme zu umgehen, ist die Verwendung von Prädiktor-Korrektor-Verfahren. Hiermit wird durch ein schrittweises Herantasten an den kritischen Punkt die Divergenz aufgrund der Singularität der Jacobimatrix vermieden. Diese Vorgehensweise ermöglicht in weiterer Folge die genaue Berechnung der vorhandenen Netzkapazität. Die Ergebnisse, die den Netzzustand im kritischen Punkt darstellen, gemeinsam mit den Ergebnissen, die den tatsächlichen Betriebspunkt wiedergeben, werden zur Definition eines

Stabilitätsindikator "Voltage Stability Index" (VSI) verwendet, mit dem Bereiche des Netzes welche zur Instabilität neigen schnell erkannt werden können.

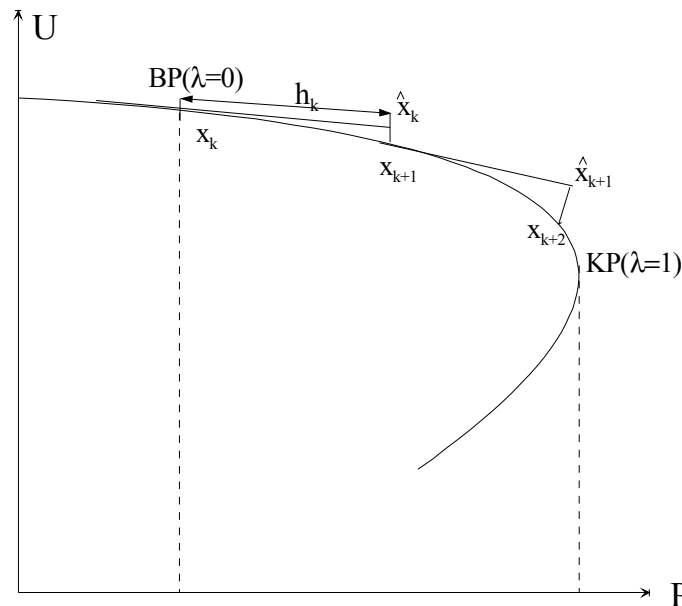


Abb. 1 Illustration des Prädiktor-Korrektor Verfahrens anhand der PU-Kurve

Dieser Algorithmus baut auf dem Standard-Newton-Raphson Lastfluß auf, mit dessen Hilfe zuerst die Basislösung gefunden wird, die den aktuellen Betriebspunkt (BP Abb. 1) darstellt. Von diesem Punkt aus wird die Last an unterschiedlichen Punkten im Netz geändert. Zur Änderung der Last werden die Lastflußgleichungen durch einen Lastparameter λ erweitert. Damit die Laständerungen simuliert werden können müssen die Gleichungen der Lasten P_L und Q_L so modifiziert werden, daß jede beliebige Laständerung vorgenommen werden kann.

$$\begin{aligned} P_{Li} &= P_{Lio} + \lambda (k_{Li} \cdot S_{\Delta \text{ base}} \cdot \cos \varphi_i) \\ Q_{Li} &= Q_{Lio} + \lambda (k_{Li} \cdot S_{\Delta \text{ base}} \cdot \sin \varphi_i) \end{aligned} \quad (1)$$

Auch die Gleichungen für die Generatorleistungen werden entsprechend modifiziert

$$P_{Gi} = P_{Gio} (1 + \lambda k_{Gi}) \quad (2)$$

Das so entstandene Gleichungssystem

$$F(e, f, \lambda) = 0 \quad \text{mit} \quad 0 \leq \lambda \leq \lambda_{\text{kritisch}}$$

(3)

wird mit einem geeigneten Prädiktor-Korrektor-Verfahren gelöst. Dies geschieht indem man die Tangente an den Betriebspunkt BP legt und ausgehend von der Basislösung eine weitere Lösung entlang der Tangente schätzt. Der so ausgerechnete Prädiktorpunkt ist die erste Näherung der nächsten auszurechnenden Lösung. Zur Bestimmung des Tangentenvektors wird Gl.(3) abgeleitet und in Matrizenform dargestellt.

$$\begin{vmatrix} \underline{F}_e & \underline{F}_f & \underline{F}_\lambda \\ \underline{d}e \\ \underline{d}f \\ \underline{d}\lambda \end{vmatrix} = 0 \quad (4)$$

Der Zeilenvektor stellt die Jacobi-Matrix, vergrößert um eine Spalte (F_λ) dar. Der Spaltenvektor ist der gesuchte Tangentenvektor. Bevor dieser Tangentenvektor ausgerechnet werden kann, ist aber ein weiteres Problem zu lösen. Durch die Einführung des Leistungsparameters λ ist noch eine weitere Variable in das Gleichungssystem dazugekommen, ohne daß die Anzahl der Gleichungen geändert wurde. Dieses Problem kann gelöst werden, indem man die passende Komponente des Tangentenvektors ungleich Null setzt (z.B. gleich 1). Das Ergebnis lautet daher

$$\begin{vmatrix} \underline{F}_e & \underline{F}_f & \underline{F} \\ \underline{e}_k \\ \underline{d}e \\ \underline{d}f \\ \underline{d}\lambda \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 \\ +1 \end{vmatrix} \quad (5)$$

k ist der Index der ausgewählten Komponente aus dem Tangentenvektor, womit e_k ein passend gewählter Zeilenvektor ist, dessen Elemente alle gleich Null sind, außer das k -te Element, welches gleich 1 ist. Wenn die Tangente an den Punkt x_k gelegt ist, ist noch die Schrittlänge $h_k > 0$ zu bestimmen damit man den Prädiktorpunkt ausrechnen kann. Die Berechnung des Prädiktorpunktes erfolgt dann nach der Gleichung

$$\begin{vmatrix} \hat{e} \\ \hat{f} \\ \hat{\lambda} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \underline{e} \\ \underline{f} \\ \underline{\lambda} \end{vmatrix} + h_k \begin{vmatrix} \underline{d}e \\ \underline{d}f \\ \underline{d}\lambda \end{vmatrix} \quad (6)$$

Bei der Wahl der Schrittweite h_k muß zum einen darauf geachtet werden, daß die Schrittweite nicht zu groß ist, damit man mit dem Startwert nicht aus dem Konvergenzbereich des Newton-Verfahrens gerät. Zum anderen ist aber der Aufwand so gering wie möglich zu halten, weshalb man an möglichst großen Schrittweiten interessiert ist. Diese Prädiktorlösung wird anschließend durch das Lösen des um eine Zeile erweiterten Gleichungssystems mit dem Newton-Raphson-Verfahren korrigiert. Die Korrektur besteht aus einigen Iterationsschritten, mit denen eine Lösung auf der tatsächlichen Kurve gefunden wird. Auf dieser Art und Weise kann jeder beliebige Punkt entlang des Lösungswegs berechnet werden ohne Divergenzprobleme aufgrund der Singularität der Jacobi-Matrix befürchten zu müssen. Der kritische Punkt ist dann erreicht, wenn die Laständerung ihren maximalen Wert erreicht. Aus diesem Grund wird die Vorzeichenänderung von $d\lambda$ im Tangentenvektor ständig überprüft. Das gesamte Verfahren ist anschaulich mit Hilfe eines Flußdiagramms in Abb.2 dargestellt.

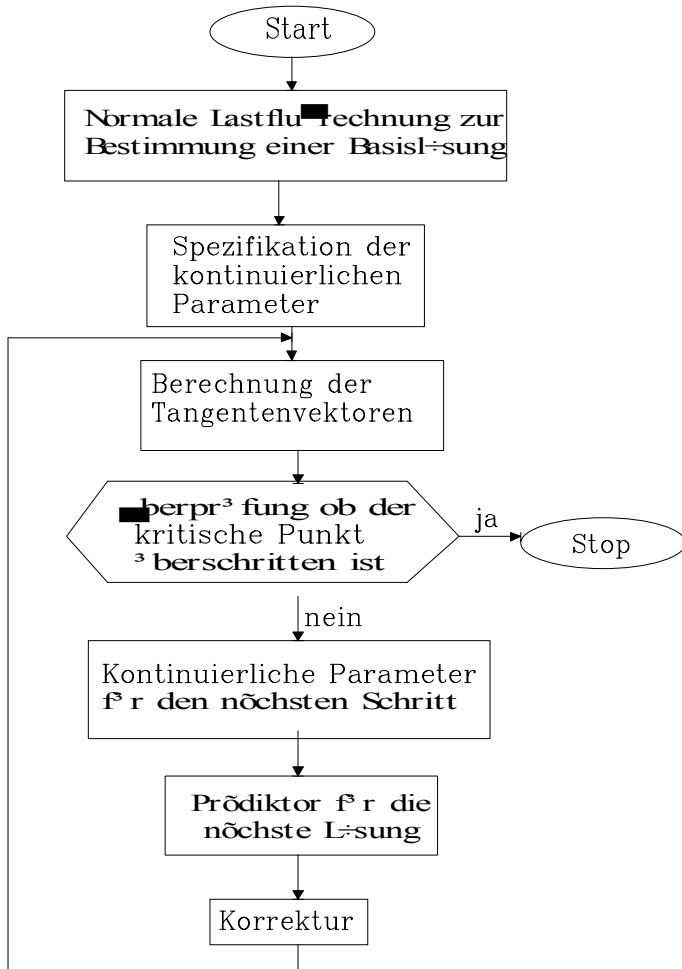


Abb.2 Flußdiagramm des Algorithmus

günstiger mit dem Kehrwert zu rechnen. Der gleiche Quotient wird auch für die Blindleistung definiert. Dieses Verfahren wird auf reale Übertragungsnetze für verschiedene Transitzszenarien angewendet und die so ausgerechneten Indikatoren für das Engpaßmanagement bei Störungen verwendet.

Literatur

- [1] W. C. Rheinbold: Numerical Analysis of Parameterised Nonlinear Equations. John Wiley & Sons, 1985
- [2] J. Bruckardt, W. C. Rheinbold: A Locally Parameterised Continuation Process. ACM Transmission on Mathematical Software, 17(1983) No. 2, pp. 215-235
- [3] B. Lee, V. Ajjarapu: Bifurcation Flow: A Tool to Study Both Static and Dynamic Aspects of Voltage Stability. Proc. of Bulk Power System Voltage Phenomena, 1(1996) No. 1, pp 305-324
- [4] E. Bompard, E. Carpaneto, G. Chicco, R. Napoli: A Dynamic Interpretation of the Load Flow Jacobian Singularity for Voltage Stability Analysis. Electrical Power & Energy Systems, 18(1996) No. 6, pp 385-395

Nach der Berechnung des kritischen Punktes kann man ohne zusätzlichem Aufwand einen Stabilitätsindex angeben, der ein Maß für die freie Netzkapazität darstellt. Dieser Index dient zur Identifikation des Netzbereiches, der dem kritischen Punkt am nächsten liegt. Dieser Index ist der Voltage Stability Index VSI und er ist als Quotient der Spannungsänderung und der gesamten Laständerung im Netz definiert.

$$\frac{dV_i}{dP_{total}}$$

Dieser Quotient wird für jeden Knoten des Netzes ausgerechnet, so daß der Knoten mit dem maximalen Wert, der den kritischsten Punkt im Netz darstellt leicht erkannt wird. Da dieser Index in der Nähe des kritischen Punktes ∞ wird, ist es

6. Forschungsförderung

Vom **Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung** (FWF) wurde das Forschungsprojekt mit dem Arbeitstitel „Direct measurement of lightning currents on a telecommunication tower“ bewilligt (Projektleitung Hadrian, Mitarbeiter Mair). Das Projekt wurde am 1. April 1998 begonnen und läuft bis zum 31. März 2001.

Das Projekt "Assessing the Voltage Quality in Distribution Networks" (Projektleiter Brauner, Mitarbeiter HENNERBICHLER) des **Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung** (FWF) läuft das 2. Jahr.

Von der **Hochschuljubiläumsstiftung der Stadt Wien** wurden Förderungsmittel für das Forschungsvorhaben „Untersuchung des Blitzeinschlagmechanismus mit Hilfe optischer Erfassung“ genehmigt (Mair).

Seitens der EU (EC) wird im Rahmen von **Brite-Euram II** unter den Kontrakt-Nr. BRRT-CT97-5023 das Institut (vertreten durch MÜLLER als Projektbetreuer) innerhalb eines thematischen Netzwerks "Intelligent Forecasting Systems for Refineries and Power Systems" (IFS) auf zwei Jahre gefördert.

7. Forschungsberichte

Hinweis zu den Forschungs- und Institutsberichten:

In der Reihe der vom Institut für Elektrische Anlagen an der Technischen Universität Wien herausgebrachten Forschungs- und Institutsberichten werden wichtige (Teil-)Ergebnisse aus der Forschung publiziert. Diese Forschungs- und Institutsberichte liegen sowohl in der Institutsbibliothek als auch in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien auf. Kurzfassungen bzw. Kurzinformationen dazu (auf Anforderung auch die vollständigen Fassungen) werden ferner an interessierte Universitätsinstitute des In- und Auslandes, an die Universitätsbibliothek Hannover und TIB sowie an Fachleute aus österreichischen Elektrizitätsversorgungsunternehmen verteilt.

FB 1/1998:

MAYER, T.: Verteilte Messungen von Netzzrückwirkungen.

FB 2/1998:

HENNERBICHLER, C.: Prognosemodell zur Beurteilung der Spannungsqualität - Zwischenbericht 1998.

FB 3/1998:

THEIL, G.: Zuverlässigkeitsabschätzung von Hochspannungsnetzen mit Berücksichtigung der Datenunschärfe und mit Simulation der Lastflußsteuerung.

FB 4/1998:

THEIL, G., THEIL, M.: Vergleich von Programmen zur Zuverlässigkeitsabschätzung von Hoch- und Mittelspannungsnetzen an Hand eines Mittelspannungsnetzes.

8. Veröffentlichungen

BRAUNER, G.: Auswirkungen der Liberalisierung auf den Netzbetrieb. Energieinnovationen. TU Graz Februar 1998.

MAYER, T. und G. BRAUNER: Distributed flicker measuring system in Windparks. Power Quality '98, Nürnberg, 26.-28. Mai 1998, paper PQ 2.2.

BRAUNER, G.: Power Quality in Windparks. Power Quality '98, Nürnberg, 26.-28. Mai 1998, paper PQ 3.1.

DIENDORFER, G., W. SCHULZ and M. MAIR: Effects of field propagation on the peak current estimates. International Lightning Detection Conference ILDC, Tucson 1998.

HADRIAN, W.: Entfernungsgesetze in der Energietechnik. e&i 115.Jg.(1998),H 9.

HADRIAN, W. and C. BOUQUEGNEAU :Moderators report. Proceedings of 24th International Conference on Lightning Protection (ICLP). 14th - 18th September 1998, Session 2b, page 193.

HADRIAN, W. und G. RABITSCH: Seltsame Spuren. Beitrag für die Broschüre der Sonderausstellung 'Blitz und Donner' im Kammerhofmuseum (Bad Aussee). April 98 bis Februar 99.

KARFUNKEL, J., L.S.C. CHAVES, A. BANKO, W. HADRIAN, F. NOACK und J. SCHÖNAU: Vom Blitz getroffen: Quarze aus Brasilien. Mineralien Welt. 9.Jg., Heft 5, Sept.-Okt. 1998. S.: 54-60.

MAIR, M., W. HADRIAN, G. DIENDORFER und W. SCHULZ: Effect of Signal Attenuation on the Peak Estimates from Lightning Location Systems. Proceedings of 24th International Conference on Lightning Protection (ICLP). 14th - 18th September 1998, Session 2b, page 193.

MÜLLER, H., gemeinsam mit MOGHADDAS-TAFRESCHI, S.-M., und PETRITSCH, G.: Energy and Load Forecasting by Fuzzy-Neural Networks. Paper to 6th European Congress on Intelligent Techniques & Soft Computing (EUFIT '98), Aachen, Germany, Sept. 1998; pp. 1925-1929 in Conference Proceedings, Aachen: Verlag Mainz, 1998.

MÜLLER, H., gemeinsam mit SEISER, M.D.: Practical experiences with short-term optimization comprising unit commitment and optimal power flow. Paper to 33rd Universities Power Engineering Conference (UPEC '98), Edinburgh, UK, Sept. 1998; pp. 835-838 in Conference Proceedings.

9. Vorträge

BRAUNER, G.: Windenergie - Möglichkeiten und Grenzen. Vortrag im Rahmen der 52. Fortbildungswoche des Vereins zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts der Österreichischen Physikalischen Gesellschaft an der Universität Wien am 24.02.1998.

BRAUNER, G.: Auswirkungen der Deregulierung auf den Netzbetrieb. 2. Enquete "Energieinnovation und Forschung", Graz 4.-5. 2.1998.

BRAUNER, G.: Einfluß der Deregulierung auf Netzplanung und Netzbetrieb. Interne Informationsveranstaltung von Oberösterreichische Kraftwerke AG (OKA) am 3.3.1998.

BRAUNER, G.: Einfluß der Deregulierung auf den Netzbetrieb. Forschungsforum der Österreichischen Energiewirtschafts AG (Verbundgesellschaft) am 24.3.1998.

BRAUNER, G.: Liberalization in the European electricity market - Consequences for utilities and supply industry. Elin-Workshop "Changes resulting from energy market liberalization", Graz, 9. - 10. September 1998.

BRAUNER, G.: Auswirkungen der Deregulierung auf die Netzleittechnik. Festveranstaltung 25 Jahre innovative Leittechnik für Energie, Umwelt, Verkehr und Logistik. Repas-AEG, 7.10.1998, Dreieich.

BRAUNER, G.: Aufgaben und Einsatz der digitalen Echtzeitsimulation. FGH-Forum "Echtzeitsimulation", Mannheim-Rheinau 25.11.1998.

MAIR, M.: Effect of signal attenuation on the peak current estimates from lightning locations systems. 24th International Conference on Lightning Protection ICLP, 14. - 19.09.1998 in Birmingham.

MAYER, T.: Distributed flicker measuring systems in windparks. 5th European Power Quality Conference, May 98.

MÜLLER, H.: Energy and Load Forecasting by Fuzzy-Neural Networks. Referat in der Technical Session BA 9 (Intelligent Forecasting Techniques for Power Systems) beim 6th European Congress on Intelligent Techniques & Soft Computing (EUFIT '98), Aachen, Sept. 1998.

HÜLSEMANN, M. (Dissertant bei MÜLLER): Presentation of paper "Practical experiences with short-term optimization comprising unit commitment and optimal power flow" to 33rd Universities Power Engineering Conference (UPEC '98), Edinburgh, UK, Sept. 1998.

10. Veranstaltungen/Seminare

HADRIAN, W.:

21.- 22. Jänner 1998 : Österr. Forbildungsinstitut (ÖFI)

Thema: EMV (zwei halbe Tage)

11. Mitwirkung in Fachgremien

BRAUNER, G.:

- Österreichisches Nationalkomitee der CIGRE
- Österreichisches Nationalkomitee CIRED
- ÖVE, Geschäftsausschuß der ÖGE
- VEÖ-Arbeitskreis "Netzurückwirkungen und Tonfrequenz-Rundsteueranlagen"
- VDI/VDE-GMA "Netzregelung"
- FGH "Arbeitskreis technisches Rechnen"
- Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten: "Begrenzung des Stromverbrauches elektrischer Geräte"
- Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten "Elektrotechnischer Beirat"
- Wissenschaftlicher Beirat e&i

ELTSCHKA, R.:

- ÖVE-EN1
- ON: FA "Hausinstallationen"
- Arbeitsgruppe Kurzschlußstromberechnungen
- VSÖ: Vorsitzender der Arbeitsgruppe Technische Richtlinien und Mitarbeiter in der Fachgruppe Elektronik und in der Technischen Kommission
- Technisches Komitee für Streuströme

HADRIAN, W.:

- Vorsitzender des Ausschusses Blitzschutz (BL) im Österreichischen Verband für Elektrotechnik (ÖVE)
- Vorsitzender des Normenausschusses für Blitzschutz
- Leiter der Arbeitsgruppe "Messung niederfrequenter, elektromagnetischer Felder" im ÖVE
- Präsident des Vereines der Freunde des Elektropathologischen Museums
- Mitglied des wissenschaftlichen Komitees der Internationalen Blitzschutzkonferenz (ICLP)

MÜLLER, H.:

- im Vorstandsrat der Österr. Gesellschaft für Operations Research (ÖGOR)
- Leitung des Arbeitskreises "Prognose" der ÖGOR
- im Ausschuß "Technische Informationsverarbeitung" (TIV) des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs (VEÖ)
- im Fachnormenausschuß FNA 093 "Energiewirtschaft" des Österreichischen Normungsinstituts (ON)
- in der Arbeitsgruppe AG 093.50 "Koordination/Weltenergiekonferenz" des FNA 093 im ON
- Vorsitz der Arbeitsgruppe AG 093.13 "Prognose" des FNA 093 im ON

THEIL, G.:

- Arbeitskreis "Verfügbarkeit in Hochspannungsleitungen" des Unterausschusses "Störungs- und Schadensstatistik" des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs.

12. Einrichtungen des Instituts

12.1 Prüf- und Meßeinrichtungen

Meßgeräteausstattung des EMV-Labors

*** Impulsgeneratoren**

- Stoßstromgenerator CP 1500 (Haefely): Stoßstromgenerator mit Blitzkurvenform ($1\mu\text{s}/50\mu\text{s}$), Scheitelwert des Stromes 30 kA, zum Testen von Blitzschutzmaterialien und Überspannungsableitern, ortsfestes Gerät
- Stoßstromgenerator CP 360 (Haefely): Stoßstromgenerator mit Blitzkurvenform ($1\mu\text{s}/50\mu\text{s}$), Scheitelwert des Stromes ca. 5 kA, zur Überprüfung von EMV-(Blitzschutz-)Maßnahmen, z.B. Erdungsanlagen in Umspannwerken
- Stoßspannungsgenerator P 12 (Haefely): Stoßspannungsgenerator mit Blitzkurvenform, Scheitelwert der Spannung 12 kV, Überprüfung von Isolationen, Erzeugung von Wanderwellen auf Hochspannungsfreileitungen.
- Impulsgenerator PEMI + Streifenleitung (Haefely): erzeugt in der Streifenleitung ein impulsförmiges elektromagnetisches Feld (Anstiegszeit des Impulses ca. 5 ns), das den NATO-Spezifikationen für den Nuclear Electromagnetic Pulse entspricht, zur Prüfung der Störfestigkeit von Geräten für den Zivilschutz und militärtechnischem Zubehör.
- Störimpulsgenerator P 3 (HFD-Relais Tester, Haefely): Gerät erzeugt abklingende 1 MHz-Schwingung mit Folgefrequenz von 400 Hz (entspricht Störungen die von Trennerschaltungen hervorgerufen werden), Prüfung von elektronischen Schutzgeräten (z.B. Kurzunterbrechung, Leitungsschutz) nach IEC 255-4
- Burst-Generator (Meßwandlerbau): Gerät erzeugt Störimpulsgruppen mit hoher Wiederholfrequenz, wie sie beim Schalten induktiver Lasten mit Relais oder mechanischen Schaltern entstehen, Prüfung der Störfestigkeit von Meß- und Steuereinrichtungen nach IEC 801-4, z.B. störsichere Rechnerstrukturen und selbstkorrigierende Programmsysteme

*** Netz-Störsimulatoren (Schaffner)**

- Grundgerät NSG 200E
- Einschub NSG 203A: zur Simulation von kurzzeitigen Netzspannungsunterbrechungen bzw. Netzspannungsschwankungen
- Einschub NSG 222A: erzeugt schnelle Störimpulse (Anstiegszeit 5 ns) mit relativ geringer Energie (Impulsdauer 100 ns), wie sie durch mechanische Schalter, Relais usw. Produziert werden
- Einschub NSG 224A: Gerät erzeugt Störimpulse wie sie durch mechanische Schaltvorgänge induktiver Lasten (Motoren, Wechselrichter usw.) erzeugt werden

*** Meßeinpänger (Schwarzbeck)**

- LSME 1530: 10 kHz - 150 kHz
- FSME 1515: 80 kHz - 30 MHz
- VUME 1520: 25 MHz - 1000 MHz
- plus zugehörigen Antennen

Zur Messung der elektrischen Feldstärke, z.B. Messung der Funkstörungen durch Koronaentladungen, Schirmdämpfungsmessungen von Gebäuden oder Räumen (z.B. Schaltwarten), Messung der Störstrahlung von USV-Anlagen

* **Leistungsverstärker (ENI):** 9 kHz - 250 kHz, ca. 2000 W, zur Speisung von Rahmenantennen für die Erzeugung von magnetischen Feldern für Schirmdämpfungsmessungen von Gebäuden oder Räumen

* **Meßgeräte zur Messung magnetischer Felder**

- Gaußmeter Bell, Modell 640: 0 - 400 Hz, ausschließlich eingesetzt zur Messung von magnetischen Gleichfeldern und Gleichfeldschwankungen (d.h. Änderungen des Erdfeldes hervorgerufen durch in der Nähe des Meßortes vorbeiführende Gleichstrombahnen oder vorbeibewegte Eisenmassen, z.B. Eisenbahnwaggons), Gleichfeldschwankungen stellen einen Störfaktor für eine Reihe von elektrophysikalischen Geräten dar (z.B. Elektronenmikroskope)
- Feldmeßgerät COMBINOVA MGM 10: mißt mit 3 zueinander senkrecht stehenden Spulen den Maximalwert der magn. Induktion, Frequenzbereich 10 Hz - 2 kHz, zur Messung der magn. Induktion im Bereich von Hochspannungsfreileitungen und Schaltanlagen und zur Messung von Bildschirmen nach dem schwedischen MPR-Standard
- EmdexC-Exposimeter: Gerät von der Größe einer Kleinbildkamera, mißt in einem vor der Messung einstellbaren Zeittakt (z.B. alle Sekunden) die Größe der magn. Induktion (mit 3 zueinander senkrecht stehenden Spulen) und speichert diese Meßwerte im internen Speicher ab, nach Beendigung der Messung können diese Meßwerte ausgewertet werden. Trägt eine Person dieses Gerät am Körper, so bekommt man ein Bild welchen magn. Wechselfeldern diese Person ausgesetzt war. (Beispiele: Arbeiter in Schaltanlagen, Menschen in Wohnungen über Verteiltransformatoren)
- Feldspule mit nachgeschaltetem aktiven Entzerrer: Frequenzbereich 10 Hz - 200 kHz

* **Meßgeräte zur Messung elektrischer Felder**

- AERITALIA-Sonde TE 307: 10 V/m - 10 kV/m, zur Messung des elektrischen Feldes im Bereich von Hochspannungsfreileitungen und Schaltanlagen

* **Oszilloskope**

- Analogspeicher-Oszilloskop 7934 (Tektronix): bis 300 MHz
- Digitalspeicher-Oszilloskop 468 (Tektronix)

* **Registriereinrichtungen**

- 1-Kanalschreiber (Bruel u. Kjaer)
- 3-Kanalschreiber SE 430 (ABB Goerz)
- 6-Kanalschreiber SE 460 (ABB Goerz)

Zusammen mit den Magnetfeldmeßgeräten zur Langzeitaufzeichnung (Stunden, Tage) von Magnetfeldern zur Erfassung des EMV-Klimas.

12.2 Rechnerausstattung

Das Institut für Elektrische Anlagen verfügt über eine Rechnerlandschaft, in der unter mehreren verschiedenen Betriebssystemen alle Rechner über das Netzwerk der TU Wien (TUNET) gekoppelt sind.

<i>Anzahl</i>	<i>Typ</i>	<i>Ausstattung</i>
10	PC 486, 66MHz	16MB RAM, 540MB Harddisk, Windows 3.11, Windows 95, 15“-Monitore
12	PC Pentium 90-200MHz	32-64MB RAM, 1GB-2GB Harddisk, Windows 95, Windows NT, CD-ROM, 17“-Monitore
2	PC Pentium Pro 200MHz	64MB RAM, 4GB Harddisk, Windows NT, 17“-Monitore, CD-ROM, DAT, USV
1	DEC Alpha 200 4/166	80MB RAM, 2GB Harddisk, Digital Unix, 17“-Monitore, CD-ROM
3	VAX 4000	24MB RAM, 540MB Harddisk, VMS, 17“-Monitore, DAT
2	VAX 3100	12MB RAM, 200MB Harddisk, VMS, 17“-Monitore

Folgende Hardwarekomponenten stehen zudem zur Verfügung:

1 HP Laserjet 3, 1 HP Laserjet 4 MP, 1 HP Laserjet 4 L, 1 HP Laserjet 5MP, 1 HP Laserjet 5 L, 1 HP Laserjet Color (A3) PS, 1 HP A4-Flachbettscanner, 1 Digital Matrixdrucker, 1 HP A0-Plotter, 1 BBC A3-Plotter

Softwareausstattung:

Netzsimulation

PAN Programmsystem für Aufgaben der Netzplanung (stationäre Analyse von Netzen)

EMTP Programmsystem für Simulation transienter Vorgänge in Netzen

PCAD Programmsystem für den Entwurf von Leiterplatten

Programmiersprachen

Prolog, Fortran, Pascal, C++, Visual Basic

Anwendungsprogramme (Grundausstattung aller PC)

MATLAB / SIMULINK, ACSL, MS Office Professional