

Jahresbericht 2002

	Seite
Vorwort	3
1 Personelle Besetzung	5
2 Lehre	7
2.1 Vorlesungen, Übungen, Praktika	7
2.2 Exkursionen	9
2.3 Diplomarbeiten	9
2.4 Studienarbeiten	9
3 Forschung	10
3.1 Kurzberichte aus laufenden Forschungsarbeiten	10
3.2 Dissertationen	34
3.3 Veröffentlichungen	40
3.4 Vorträge	42
3.5 Patente	43
4 Externe Aktivitäten und Kontakte	44
4.1 Teilnahme an Fachtagungen und Kolloquien	44
4.2 Veranstaltungen des Instituts	46
4.3 Weiterbildung	48
4.4 Mitarbeit in Gremien	48
5 Prüf-, Mess- und Labortechnik des Instituts	50

Postanschrift:
Technische Universität Dresden
Institut für Elektrische Energieversorgung
und Hochspannungstechnik
01062 Dresden

Besucheradresse:
Mommsenstraße 10
Binderbau, Zi. 124
01069 Dresden

Telefon: (03 51) 4 63-3 43 74/-3 34 28
Telefax: (03 51) 4 63-3 70 36/-3 71 57
e-mail: ihh@ehhn1.et.tu-dresden.de
Internet: <http://www.tu-dresden.de/etieeh/>

Sehr geehrte Freunde
des Instituts für Hochspannungs- und Hochstromtechnik
und des Instituts für Elektroenergieversorgung,

Der Rektor unserer Universität, Herr Professor Mehlhorn, hat seine Gedanken zum Jahresausklang mit folgendem Satz begonnen: „Nein, das man das zu Ende gehende Jahr 2002 als ein gutes Jahr verabschieden könnte, das würde ich etwas übertrieben finden.“

Auch am Institut für Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik hatten wir im Vergleich zu anderen Jahren einige zusätzliche Probleme zu bewältigen und einige Schicksalsschläge hinzunehmen.

Das beherrschende Thema des vergangenen Jahres hier in Dresden war die Flutkatastrophe. Materiell erlitt das Institut durch das Hochwasser der Weißeritz und der Elbe keine Schäden. Allerdings, und dies ist viel schlimmer, ist einer unserer Doktoranten durch einen tragischen Unfall in den Fluten der Weißeritz ums Leben gekommen.

Es gab aber auch durchaus positive Entwicklungen. An erster Stelle möchte ich die Einsetzung der Berufungskommission zur Wiederbesetzung der Professur für Hochspannungs- und Hochstromtechnik nennen. Die Bewerbungsfrist ist bereits abgelaufen, und die ersten Probevorträge werden im Januar 2003 stattfinden. Ich hoffe, dass ich Ihnen im nächsten Jahresbericht den neuen Kollegen vorstellen kann.

Darüber hinaus sind die Instandsetzungsarbeiten in unserem Hochstromversuchsfeld vorangeschritten. Diese sollen im Jahr 2003 weitgehend abgeschlossen werden.

Im folgenden möchte ich auf einige akademische Ereignisse des vergangenen Jahres eingehen.

Das wissenschaftliche Hochspannungskolloquium fand in diesem Jahr unter der Leitung von Prof. Noack in Ilmenau statt. Dort trafen sich die Hochspannungsinstitute bzw. Lehrstühle der Universitäten München, Darmstadt, Ilmenau, Zittau und Dresden. Alle Fachvorträge hatten eine hohe Qualität, und es wurde sehr angeregt diskutiert. Im Rahmen der interessanten Fachexkursion wurde das im Bau befindliche Pumpspeicherwerk „Goldistal“ besichtigt.

Der Dresdner Kreis wurde in Wernigerode von Prof. Styczynski aus Magdeburg organisiert. Dieser Informationsaustausch der energietechnischen Institute Hannover, Duisburg, Magdeburg und Dresden wurde dieses Mal in einem eigenständigen Tagungsband dokumentiert.

Die Immatrikulationszahlen dieses Wintersemesters waren für die Fakultät befriedigend. In Summe wurden im Wintersemester 432 Studenten neu immatrikuliert. Vor zwei Jahren schrieben sich 320 und im letzten Jahr 462 Studenten ein. Verglichen mit den meisten anderen deutschen Fakultäten für Elektrotechnik liegen wir in Dresden mit diesen Zahlen im Trend.

Die Anzahl der Studierenden, die sich für die Studienrichtung Elektroenergietechnik entschieden, hat sich ebenfalls leicht erhöht. Die gesamte Entwicklung ist sehr positiv. Die Nachfrage nach qualifizierten Ingenieuren der Elektroenergietechnik steigt spürbar an und damit die Berufschancen für unsere Absolventen.

Im Jahr 2003 werden in Dresden zwei Tagungen mit maßgeblicher organisatorischer und inhaltlicher Beteiligung des Instituts durchgeführt. Dies ist zum einen die Tagung „Arbeiten unter Spannung“ und zum anderen die „Niederspannungsfachtagung“. Diese Aktivitäten haben bereits eine lange Tradition am Institut.

Wie jedes Jahr nehme ich diesen Jahresbericht wieder zum Anlass, allen Mitarbeitern des Instituts für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Bewältigung aller Arbeiten im vergangenen Jahr zu danken.

Abschließend danke ich Ihnen allen herzlich für Ihr großes Interesse und für Ihre Unterstützung, die wesentlich zum Erfolg unserer Arbeit beigetragen haben. Mein besonderer Dank gilt den Firmen ABB, ALSTOM, DREWAG, ESAG, RIBE, SIEMENS und VEAG.

Ich hoffe, dass dieser Jahresbericht dazu beiträgt, die bestehenden Zusammenarbeiten auszubauen und neue Kooperationen zu schaffen.

Dresden, im Dezember 2002

Prof. Dr.-Ing. P. Schegner
Direktor des Institutes für
Elektrische Energieversorgung und Hochspannungstechnik

1 Personelle Besetzung

		Tel.-Nr.
Institutsdirektor	Prof. Dr.-Ing. Peter Schegner	34374
Emeriti	Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Eberhardt	
	Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Pundt	34574
	Prof. Dr.-Ing. habil. Gert Winkler	35088
Sekretariat	Regina Scharf	34374/33428
Wiss. Mitarbeiter	Doz. Dr.-Ing. Hartmut Bauer	35104
	Dr.-Ing. Eberhard Engelmann (Laborleiter)	33103
	Dr.-Ing. Karl-Heinz Freytag	33413
	PD Dr.-Ing. habil. Helmut Löbl	32138
	Dr.-Ing. Franz Mach	35336
	Dr.-Ing. Joachim Speck	33105
	Dipl.-Ing. Thoralf Bohn	35353
	Dipl.-Ing. Christoph Gramsch	33080
	Dipl.-Ing. Sven Höpfner (ab 15.04.02)	35353
	Dipl.-Ing. Przemyslaw Janik (bis 30.09.02)	32941
	Dipl.-Ing. Mario Jochim	34756
	Dipl.-Ing. Zoltan Kasztel (bis 31.03.02)	35365
	Dr.-Ing. Zbigniew Leonowicz (bis 31.10.02)	35272
	Dipl.-Ing. Rainer Luxenburger	35223
	Dipl.-Ing. Tomasz Magier	33005
	Dipl.-Ing. Jan Meyer (bis 31.10.02)	35102
	Dipl.-Ing. Ralph Pauer (bis 13.08.02)	34789
	Dipl.-Ing. Georg Pilz	35272
	Dr.-Ing. Mario Schenk (bis 15.11.02)	33080
	Dr.-Ing. Helmut Scholz	34756
	Dipl.-Ing. Stephan Schoft (bis 31.01.02)	34756
	Dipl.-Ing. Ralph-Peter Schulz (ab 01.12.02)	32941
Dipl.-Ing. Olaf Seifert	34142	
Kollegiaten	Dipl.-Ing. Gerit Eberl	35365
	Dipl.-Ing. Matthias Hable	32941
	Dr.-Ing. Waclawek (bis 30.09.02)	32941

Techn. Angestellte	Dipl.-Ing. (FH) Axel Göres	32613
	Dipl.-Ing. Rainer Luther	35222
	Monika Markow	32214
	Rotraud Riester	33202
Werkstatt	Ralf Dittrich	34745
	Michael Gläser	34260
	Gerd Jaroszinsky	34745
	Helge Knüpfel	34260
	Peter Wermuth	33516
	Falk Wolf	33729
Gastwissenschaftler	Prof. Lobos	TU Wroclaw/Polen (01.07.-30.09.02)
	Prof. Zivanovic	Universität Pretoria/Südafrika (01.07.-30.09.02)

2 Lehre

2.1 Vorlesungen, Übungen, Praktika

Vorlesung	SS V / Ü / P	WS V / Ü / P
Elektroenergietechnik Prof. Dr.-Ing. P. Schegner	0 / 0 / 1	2 / 1 / 0
Elektroenergiesysteme Prof. Dr.-Ing. P. Schegner		3 / 2 / 1
Elektroenergieanlagen Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. G. Winkler	2 / 1 / 0	
Hochspannungstechnik 1 Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Dr.-Ing. J. Speck	0 / 0 / 2	2 / 1 / 0
Hochspannungstechnik 2 Prof. Dr.-Ing. P. Schegner	2 / 1 / 0	0 / 0 / 1
Hochspannungs-Isoliertechnik Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Dr.-Ing. E. Engelmann		2 / 0 / 0
Hochstromtechnik Privatdozent Dr.-Ing. habil. H. Löbl		2 / 1 / 1
Hochspannungsgeräte Privatdozent Dr.-Ing. habil. H. Löbl	2 / 0 / 1	
Hochspannungs-Prüf- und Messtechnik Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Dr.-Ing. E. Engelmann		2 / 0 / 1
Blitzschutztechnik Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Dr.-Ing. E. Engelmann	1 / 0 / 0	
Statistik für Elektrotechniker Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Dr.-Ing. J. Speck	2 / 0 / 1	
Netzberechnung Prof. Dr.-Ing. P. Schegner		2 / 2 / 0
Netzbetrieb Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. G. Winkler	0 / 0 / 1	2 / 0 / 0
Rationelle Energieanwendung Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. G. Winkler	2 / 0 / 0	
Netzschutz- und Leittechnik Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Doz. Dr.-Ing. H. Bauer	3 / 1 / 1	
Zuverlässigkeits- und Sicherheitsberechnung Doz. Dr.-Ing. H. Bauer	1 / 1 / 0	
Elektroanlagenprojektierung Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Dr.-Ing. F. Mach		1 / 2 / 1

Vorlesung	SS V / Ü / P	WS V / Ü / P
Hochspannungstechnik für Wirtschafts- und Verkehringenieure Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Dr.-Ing. J. Speck		2 / 1 / 1
Elektroenergieversorgung für Wirtschaftsingenieure und Lehramt an berufsbildenden Schulen Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. G. Winkler		2 / 1 / 1
Elektroenergieversorgung für Wirtschaftsingenieurwesen Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Prof. Dr.-Ing. habil. G. Winkler		2 / 0 / 1
Elektronische Gerätetechnik / Thermische Dimensionierung Privatdozent Dr.-Ing. habil. H. Löbl (Diese Vorlesung wird gemeinsam von Herrn Prof. J. Lienig und PD Dr. H. Löbl gehalten.)		2 / 0 / 0
Elektrische und magnetische Felder in der Nähe von Elektroenergieanlagen Studium generale und Dresdner Bürger-Universität Doz. Dr.-Ing. H. Bauer	1 / 0 / 1	
Erzeugung, Übertragung und Verteilung von Elektroenergie Studium generale und Dresdner Bürger-Universität Prof. Dr.-Ing. P. Schegner / Doz. Dr.-Ing. H. Bauer / Dr.-Ing. K.-H. Freytag	2 / 0 / 0	
Grundlagen der Elektrotechnik für Studiengang „Informatik“ Doz. Dr.-Ing. H. Bauer		2 / 1 / 0

2.2 Exkursionen

- 26.01.2002 LAUBAG Senftenberg
- 16.03.2002 CeBIT Hannover
- 02.-05.04.2002 Große Exkursion nach München
(ALSTOM Sachsenwerk Regensburg, Hauptschaltleitung von e.on
München-Karlsfeld, Statische Bahnstromumrichteranlage 50/16 ? Hz, Deut-
sches Museum München, Wasserkraftwerk Walchensee, Siemens Motoren-
und Gerätewerk Nürnberg)
- 20.04.2002 Hannover Messe Industrie
- 17.06.2002 380-/110-kV-Umspannwerk Dresden-Süd der VEAG
- 21.06.2002 Kraftwerk Lippendorf
- 06.12./13.12.02 Heizkraftwerk Nossener Brücke in Dresden

2.3 Diplomarbeiten

Baumann, Th.: Untersuchungen zum dynamischen Verhalten der Generatoren des dynamischen Drehstromnetzmodells nach dem Neuaufbau
DA 1/2001 (Betreuer: Dr.-Ing. F. Mach)

Greiner, T.: Untersuchung zur Eignung öffentlicher Kommunikationsnetze für die leittechnische Fernüberwachung und Steuerung von Schaltanlagen
DA 2/2001 (Betreuer: Doz. Dr.-Ing. H. Bauer)

Franke, H.: Untersuchungen zur Charakterisierung von Niederspannungsnetzstrukturen durch Anwendung statistischer Analyseverfahren
DA 3/2001 (Betreuer: Dipl.-Ing. J. Meyer)

Ahmed, J.: Optimierung des kombinierten Einsatzes von Wärme- und Elektroenergie in lokalen Energiesystemen. DA 4/2001 (Betreuer: Dipl.-Ing. M. Hable)

Zickler, U.: Untersuchung zum Einfluss der Harmonischen im Erdschlussreststrom auf die Löschfähigkeit in kompensiert betriebenen Energieversorgungsnetzen. DA 5/2001 (Betreuer: Dipl.-Ing. O. Seifert)

2.4 Studienarbeiten

Winterfeld, J.: Nachweis der Stromtragfähigkeit einer Mittelspannungskabelverbindung der Spannungsebene 20 kV zwischen Leistungstransformatoren und der Mittelspannungsanlage unter besonderen Verlegungsbedingungen

3 Forschung

3.1 Kurzberichte aus laufenden Forschungsarbeiten

Differenzverfahren zur Bestimmung der Erdschlussdistanz mit idealen und nichtidealen Eingangsdaten

Der überwiegende Teil der Mittelspannungsnetze wird mit Resonanzsternpunktterdung betrieben. In diesen Netzen stellt die exakte Lokalisierung von Erdschlüssen eine wichtige Aufgabe für den Netzbetrieb dar. Ihr kommt hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit der Energieversorgungsunternehmen bzw. im Interesse maximaler Versorgungszuverlässigkeit entscheidende Bedeutung zu.

Es wurde ein Verfahren zur Berechnung der Erdschlussentfernung entwickelt, welches die stationären Strom- und Spannungskomponenten des Fehlerstromkreises im Rahmen eines Differenzverfahrens auswertet. Hierbei werden durch Änderung des Verstimmungsgrades der Erdschlussspule die notwendigen Veränderungen in Nullstrom, Nullspannung und damit auch im Fehlerstrom, der in allen drei Komponentensystemen fließt, generiert.

Die Auswertung von Differenzgrößen bedingt zum einen eine deutliche Verringerung des Einflusses des Laststromes auf das Auswerteverfahren, zum anderen werden systematische Messfehler weitestgehend eliminiert.

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Algorithmus wurden verschiedene Tests mit simulierten Eingangsdaten durchgeführt. Die Testdatengenerierung erfolgte mit dem Simulationsprogramm EMTP.

Nachfolgende Tabelle zeigt die bei der Simulation und Datenvorverarbeitung berücksichtigten Einflussparameter und Störgrößen.

Eingangsdaten	ideal	nichtideal
Simulation:		
Laststromverteilung	Konzentriert	Verteilt
Leitungsunsymmetrie	-	$ k_c = 0.03$
Transiente	-	Zuschalten einer Kapazität im Sternpunkt
Abklingendes Gleichglied	-	Erdschlusseintritt
Datenvorverarbeitung:		
Abtastfrequenz	5 kHz	1 kHz
A-D-Wandler	-	16 bit

Die jeweiligen Ergebnisse sind in Abhängigkeit vom Fehlerwiderstand in den Diagrammen 1 und 2 dargestellt. Der Berechnungsfehler F wurde wie folgt definiert:

$$F_{[R_F, I_{Last}]} = \frac{1}{n} \sum_1^{n-1} \left(\frac{|I_{Ist} - I_{Soll}|}{I_{Soll}} \right) \cdot \frac{1}{100}$$

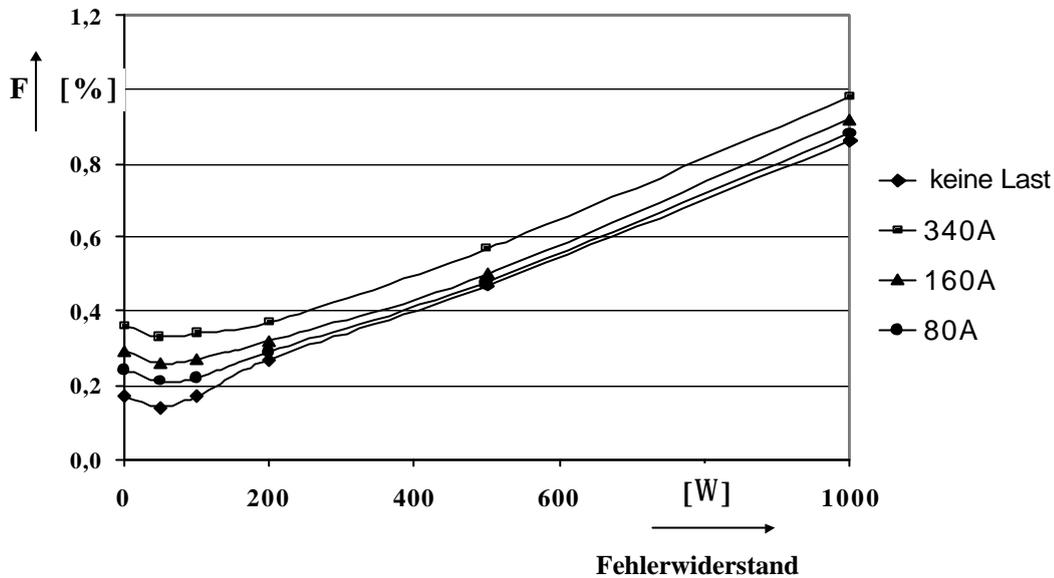


Bild 1: Prozentualer Fehler bei der Berechnung der Erdschlusentfernung als Funktion des Fehlerwiderstandes für verschiedene Lastströme im Falle idealer Eingangsdaten

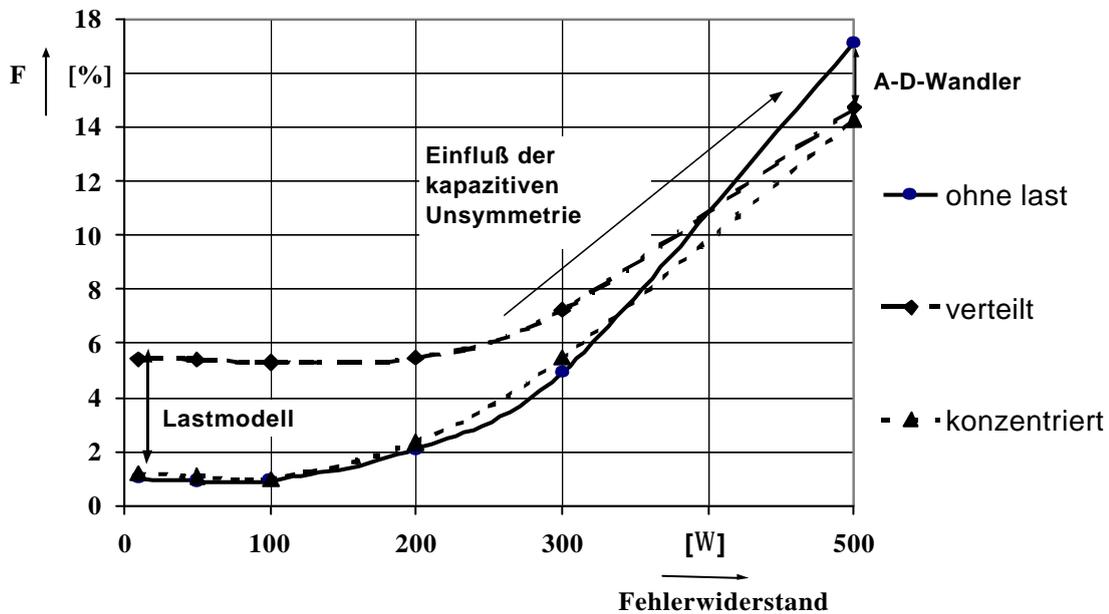


Bild 2: Prozentualer Fehler bei der Berechnung der Erdschlusentfernung als Funktion des Fehlerwiderstandes für verschiedene Lastströme im Falle nichtidealer Eingangsdaten

Die bei idealen Eingangsdaten erzielten Ergebnisse zeigen, dass der Algorithmus prinzipiell sehr gut zur Berechnung der Fehlerentfernung geeignet ist. Fehlerhafte Eingangsdaten führen zu einer entsprechenden Erhöhung des Berechnungsfehlers, wobei im Bereich des Fehlerwiderstandes $R_F < 100 \Omega$ akzeptable Ergebnisse erreicht werden.

Gerit Eberl

Experimentelle Bestimmung der Himmelstemperatur

Bei der Berechnung der Temperaturen mit dem Wärmenetze für Freiluftschaltanlagen ist die genaue Kenntnis der Wärmestrahlung gegen den Himmel mit der Temperatur T_H bei klarem Wetter und niedrigen Umgebungstemperaturen notwendig.

In der Literatur werden zur Bestimmung der Temperatur des Himmels sehr unterschiedliche Berechnungsgleichungen und Methoden angegeben.

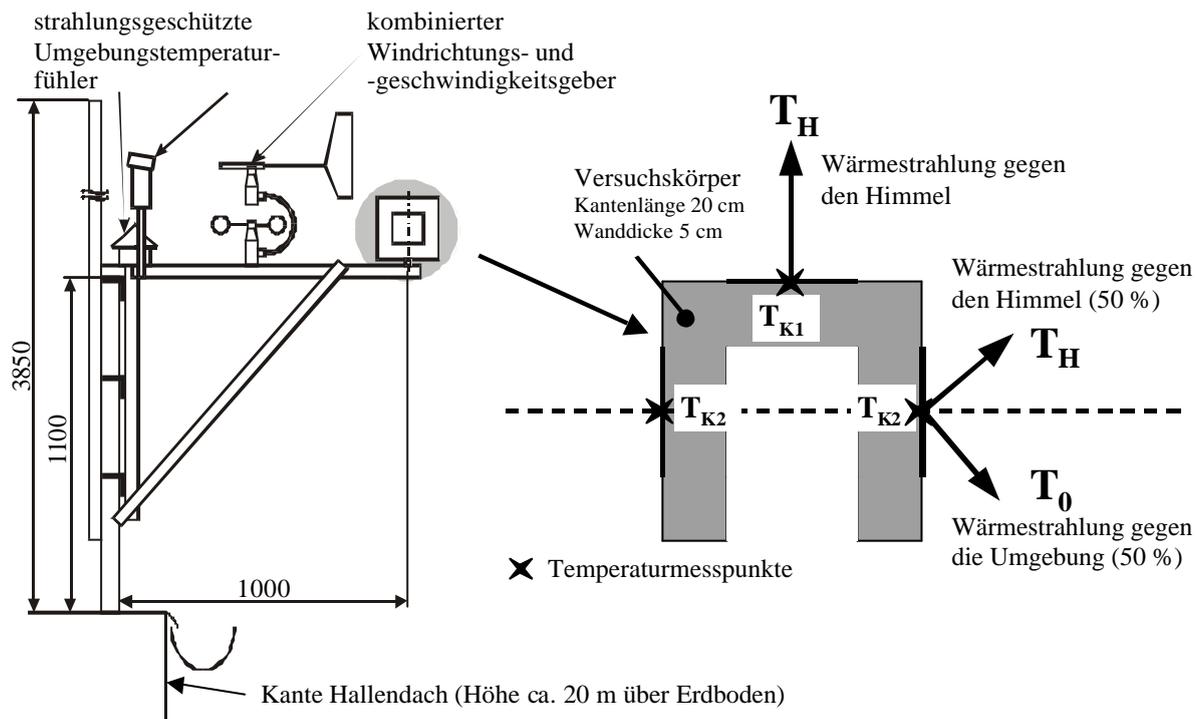


Bild 1: Versuchsaufbau

Aufgrund der verschiedenen Angaben zur Himmelstemperatur T_H wurde diese experimentell bestimmt. Dazu wurde ein Versuchsstand, bestehend aus einem Versuchskörper (Styroporwürfel) mit den Kantenlängen $a = 20$ cm, aufgebaut (Bild 1). Die Oberflächentemperaturen T_{K1} (obere Deckfläche) und T_{K2} (Seitenflächen) des Versuchskörpers mit einer Emissionszahl $\epsilon = 0,9$, die Umgebungstemperatur und die Windgeschwindigkeit v wurden gemessen. Die Versuche wurden in der Nacht bei klarem Himmel und Windstille durchgeführt. Die Windstille wurde mit einem Flügelradanemometer bestimmt. Dabei wurden Windgeschwindigkeiten $v \leq 0,3 \text{ ms}^{-1}$ als Windstille angenommen.

Aus den gemessenen Werten wurde mit dem Wärmenetzmodell für den Versuchskörper (Bild 2) die Himmelstemperatur T_H bestimmt. In dem Wärmenetzmodell wurde die Wärmeleitung im Styropor und der konvektive Wärmeübergang von den Oberflächen des Würfels zur Umgebung berücksichtigt. Für die Wärmestrahlung wurde angenommen, dass 100 % der oberen Deckfläche und 50 % der Seitenflächen des Würfels mit dem Himmel mit der Himmelstemperatur T_H im Strahlungsaustausch stehen. Die restlichen 50 % der Seitenflächen strahlen gegen

die Umgebungstemperatur T_0 des bebauten und bewachsenen Erdbodens. Diese Annahmen gelten für Körper, die frei aufgestellt sind und nicht durch strahlende Flächen der unmittelbaren Umgebung beeinflusst werden.

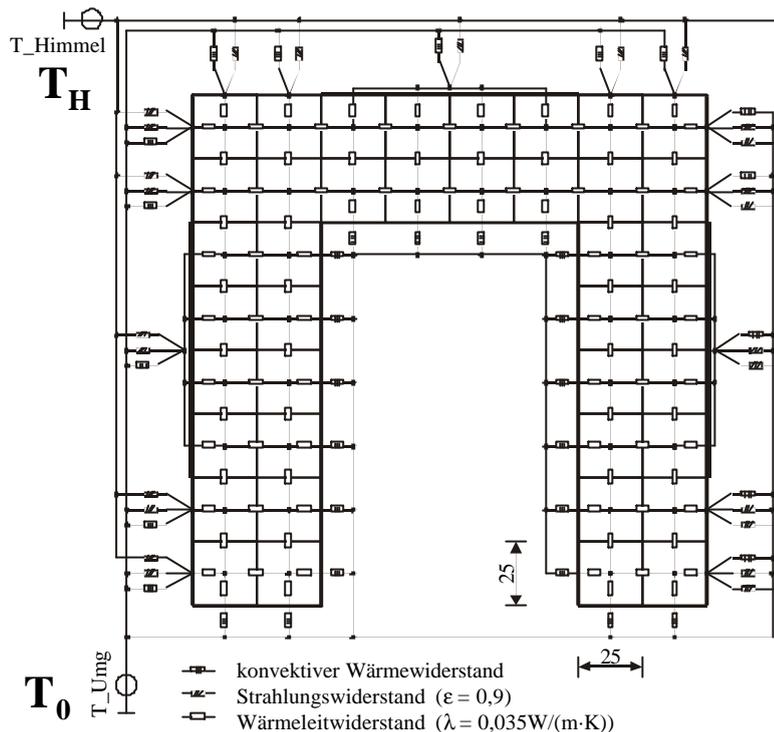


Bild 2: Wärmenetzmodell des Styroporwürfels

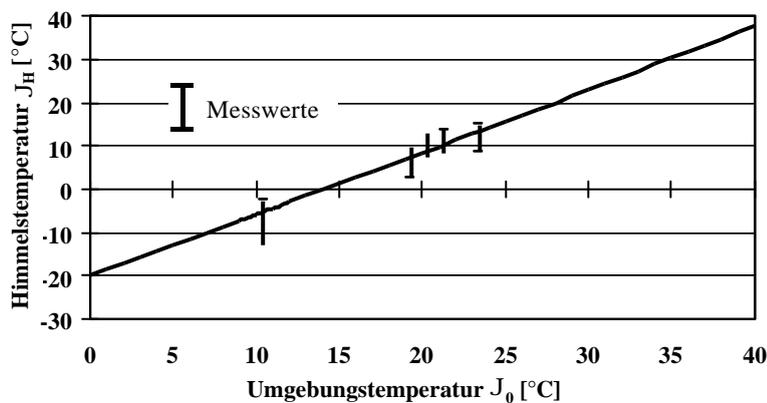


Bild 3: Experimentell bestimmte Himmelstemperatur im Vergleich mit [1]

Die Himmelstemperatur T_H wurde mit dem Wärmenetz so bestimmt, dass die gemessene Umgebungstemperatur T_0 und die Windgeschwindigkeit v im Wärmenetz berücksichtigt wurden. Die Himmelstemperatur T_H wurde dabei solange variiert, bis die gemessenen Oberflächentemperaturen T_{K1} und T_{K2} des Würfels mit den im Wärmenetz berechneten Temperaturen übereinstimmten. Die so ermittelten Himmelstemperaturen (Bild 3) stimmen mit der Funktion

$$T_H = 0,0561 K^{-0,5} \cdot T_0^{1,5}$$

nach [1] gut überein.

Christoph Gramsch

[1] Kasten, Fritz: Strahlungsaustausch zwischen Oberflächen und Atmosphäre, 1989, In: Wechselwirkung zwischen technischen Oberflächen und Atmosphäre. Düsseldorf, 1989. – (VDI Berichte; 721). – S.131 – 158

Integrales Energiemanagement lokaler Systeme mit evolutionären Algorithmen

Insbesondere durch die zunehmende Liberalisierung des Energiemarktes steigt die Bedeutung des integralen Managements von Energiesystemen an. In Verbundsystemen werden zunehmend Teile als lokale Systeme dezentral gesteuert bzw. viele dezentrale Einheiten zu virtuellen Kraftwerken zusammengefasst. Diese virtuellen Kraftwerke werden häufig aus vielen kleinsten Blockheizkraftwerken (BHKW) gebildet, die sich entweder in Form eines Gasmotors oder einer Brennstoffzelle im Keller von Wohnhäusern befinden. Diese BHKW übernehmen, teilweise in Verbindung mit Solarkollektoren bzw. Solarzellen, sowohl die Versorgung des Hauses mit Wärme (Heizung, Warmwasser) als auch mit Elektroenergie. Im Extremfall besitzt das Haus keinen Elektroanschluss mehr („Erdgashaus“). Ist jedoch noch ein Elektroanschluss vorhanden, so kann das dezentrale Kraftwerk in das Energiemanagement des Energieversorgers mit einbezogen und mit weiteren Anlagen in Form eines virtuellen Kraftwerkes betrieben werden. Auch verteilte Windkraftanlagen können in die Steuerung mit einbezogen werden.

Energiemanagement stellt eine Optimierungsaufgabe dar. Ziel der Optimierung ist meist ein Betrieb des Energiesystems bei minimalen Kosten. Optimierungskriterien können auch minimale Emissionen, maximale Brennstoffausnutzung, maximale Nutzung regenerativer Quellen, minimale Speicherbelastung oder andere Kriterien sein. In lokalen Energiesystemen kommt es zu sehr starken und kurzfristigen stochastischen Schwankungen im Energieverbrauch (wegen der geringen Anzahl der Verbraucher) aber auch in der Energieerzeugung (wegen dem hohen Anteil regenerativer Energiequellen wie Wind und Sonne). Weiterhin sind sie durch eine große Vielfalt der Energiequellen, einem hohen Anteil an Speichern und eine enge Kopplung von Wärme- und Elektroenergie gekennzeichnet.

Die Zielfunktion der Optimierung ist nichtlinear und unstetig. Das Gleichungssystem unterliegt einer Kopplung der Gleichungen untereinander und über die Zeit. Vereinfachungen führen nicht zu optimalen Lösungen bzw. sind überhaupt nicht möglich. Damit ist eine solche Optimierungsaufgabe für konventionelle Optimierungsalgorithmen nur sehr schwer bzw. überhaupt nicht zu lösen. Aufgrund ihrer Struktur und der Möglichkeit, den Energieeinsatz als Gesamtheit zu optimieren, bieten sich evolutionäre Algorithmen für diese Aufgabe an. Sie sind in der Lage, praktisch beliebige Optimierungsaufgaben zu lösen.

Das Grundprinzip evolutionärer Strategien wie auch genetischer Algorithmen liegt in der fehlerbehafteten Replikation und der kumulativen Selektion. Die Kombination beider Verfahren ermöglicht es, auch extrem schwierige Optima in vergleichsweise kurzer Zeit zu finden bzw. Optima zu erreichen, die durch eine sehr unwahrscheinliche Kombination verschiedener Parameter entstehen.

Beim beschriebenen Algorithmus wird zuerst ein Replikator erzeugt. Dieser liegt an einem Punkt im Lösungsraum. Von diesem wird durch fehlerbehaftetes Kopie-

ren (Mutation) ein neuer Replikator erzeugt. Nun wird von beiden die Fitness ermittelt. Der „schlechtere“ Replikator (der mit der geringeren Fitness) wird mit einer höheren Wahrscheinlichkeit verworfen als der bessere (Selektion). Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis ein Abbruchkriterium erreicht ist (z. B. maximale Anzahl von Generationen). Dadurch, dass die Lage des jeweils letzten Replikators „weitervererbt“ wird, tritt ein kumulativer Effekt auf. Dieser führt dazu, dass sehr schnell eine gute Konvergenz zum Optimum einsetzt. Dieses Prinzip ist anderen stochastischen Suchmethoden (z. B. Monte-Carlo-Methoden) deutlich überlegen. Bereits nach wenigen Generationen ist die Wahrscheinlichkeit der Monte-Carlo-Methode, das Optimum nicht gefunden zu haben, um einige Größenordnungen größer als bei der kumulativen Selektion.

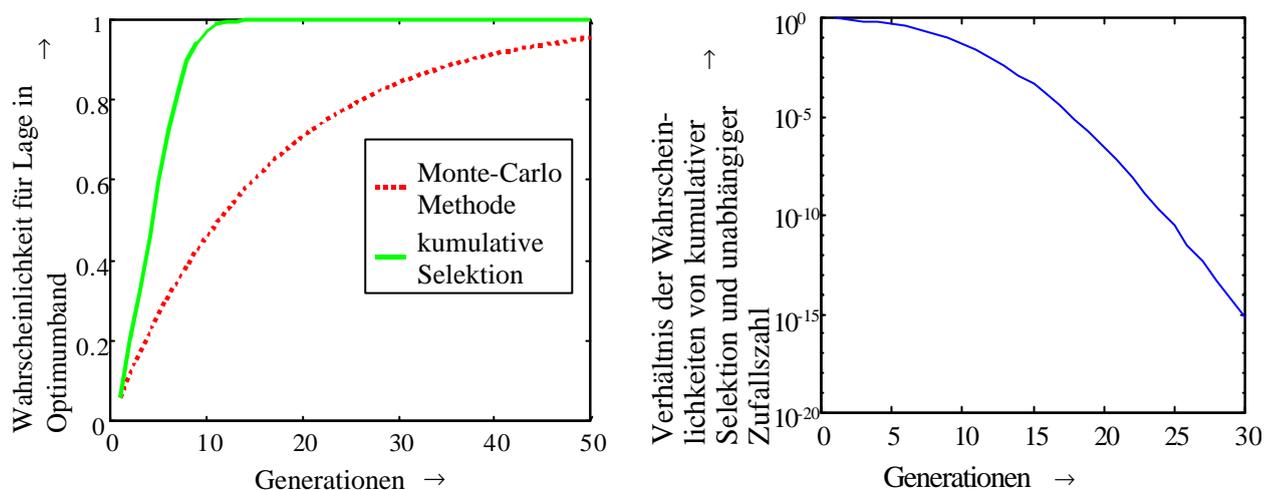


Bild 1: Vergleich von Monte-Carlo-Methoden und kumulativer Selektion

Für einelementige Realzahl-Replikatoren lässt sich das Verhalten verhältnismäßig einfach mit wahrscheinlichkeitstheoretischen Methoden beschreiben. Diese werden jedoch sehr schnell unübersichtlich und die Gleichungen beinhalten häufig analytisch nicht lösbare Integrale. Damit wird eine Beschreibung über mehrere Generationen analytisch nicht ohne weiteres lösbar. Numerische Berechnungen benötigen sehr viel Rechenzeit und lassen damit eine Parametervariation nicht zu. Die Ergebnisse sollen dazu dienen, den evolutionären Anteil des Energiemanagementsystems weiter zu verbessern.

Matthias Hable

Entwurf eines XML - Referenzdatenformates für die Berechnung dynamischer Problemstellungen

Für die Berechnung dynamischer Problemstellungen sind verschiedene Programme vorhanden. Dies sind eigenständige Programme, die auf der Grundlage von eigenen Datenformaten arbeiten. Ein Austausch von Eingabedaten der zu berechnenden Netze sowie der direkte Vergleich der Ergebnisse ist nicht möglich. Mit Hilfe eines eigenen Formates, aufbauend auf einer einheitlichen Beschreibung der Netze und Regler, soll eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Berechnungsprogrammen erreicht werden. Es werden folgende Anforderungen an den Inhalt und die Form des neuen Datenformates gestellt:

- Speicherung von Netzdaten sowie Regler
- einfachere Struktur anstatt der vorhandene Formate
- Trennung von Topologie und Daten der Netzelemente
- Lesbarkeit als ASCII-Datei mit möglichst selbsterklärender Struktur
- plattformunabhängige Darstellung
- Eignung für die Übertragung im Internet
- Orientierung an aktuellen Software-Standards
- Möglichkeit der Verwendung von Makrobibliotheken

Der Referenzdatensatz wird in XML erstellt. Diese Universalbeschreibungssprache wird von vielen Softwareprodukten und Browsern unterstützt.

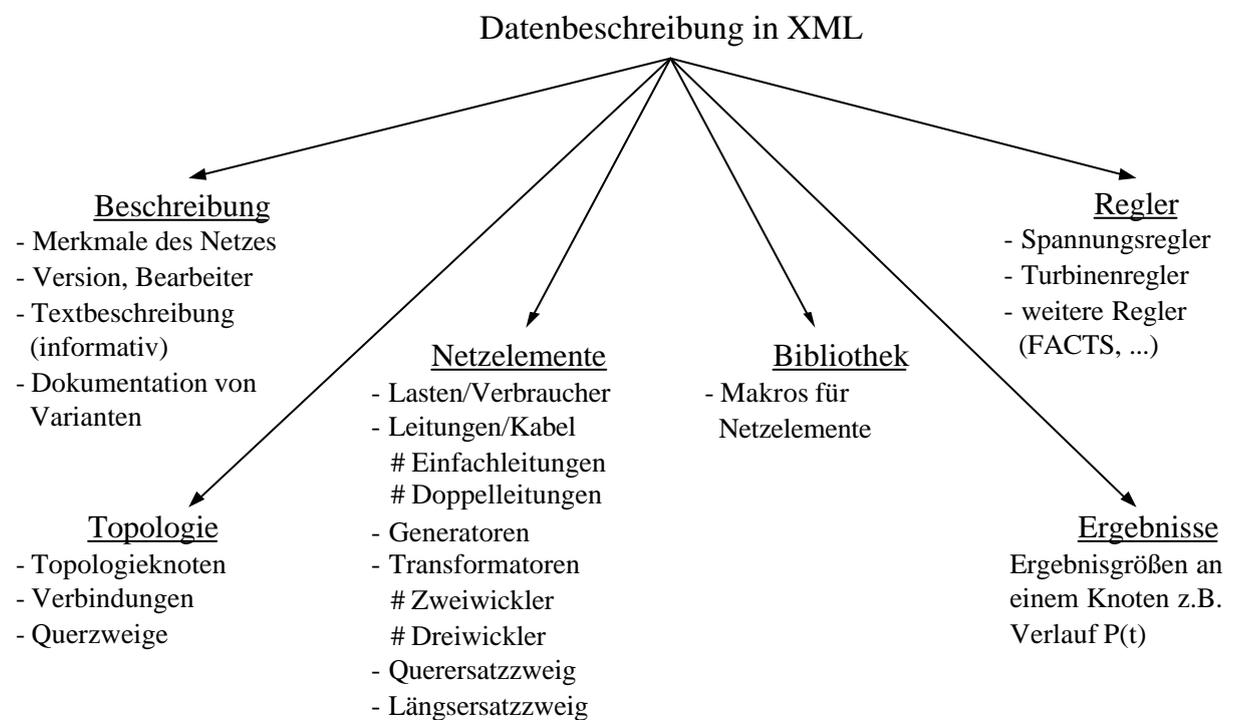


Bild 1: Inhalt des Referenzdatensatzes

XML ist eine vom W3C reglementierte Metadatensprache für die strukturierte Beschreibung und Speicherung von Daten. Die Grundstrukturen der verschiedenen Netzelemente werden im XSD – Schema angegeben. Dieses Schema dient als Vorlage für die XML – Datei und zur Prüfung ihrer Gültigkeit. Die benötigten Regler werden parametrisiert an das Netzberechnungsprogramm übergeben. Sie bestehen aus reglungstechnisch standardisierten Übertragungsgliedern. Die Funktionalität der Blöcke muss vom verarbeitenden Programm geleistet werden. Ein Ausschnitt aus dem XML – Netzdatenformat ist im folgenden Bild dargestellt.

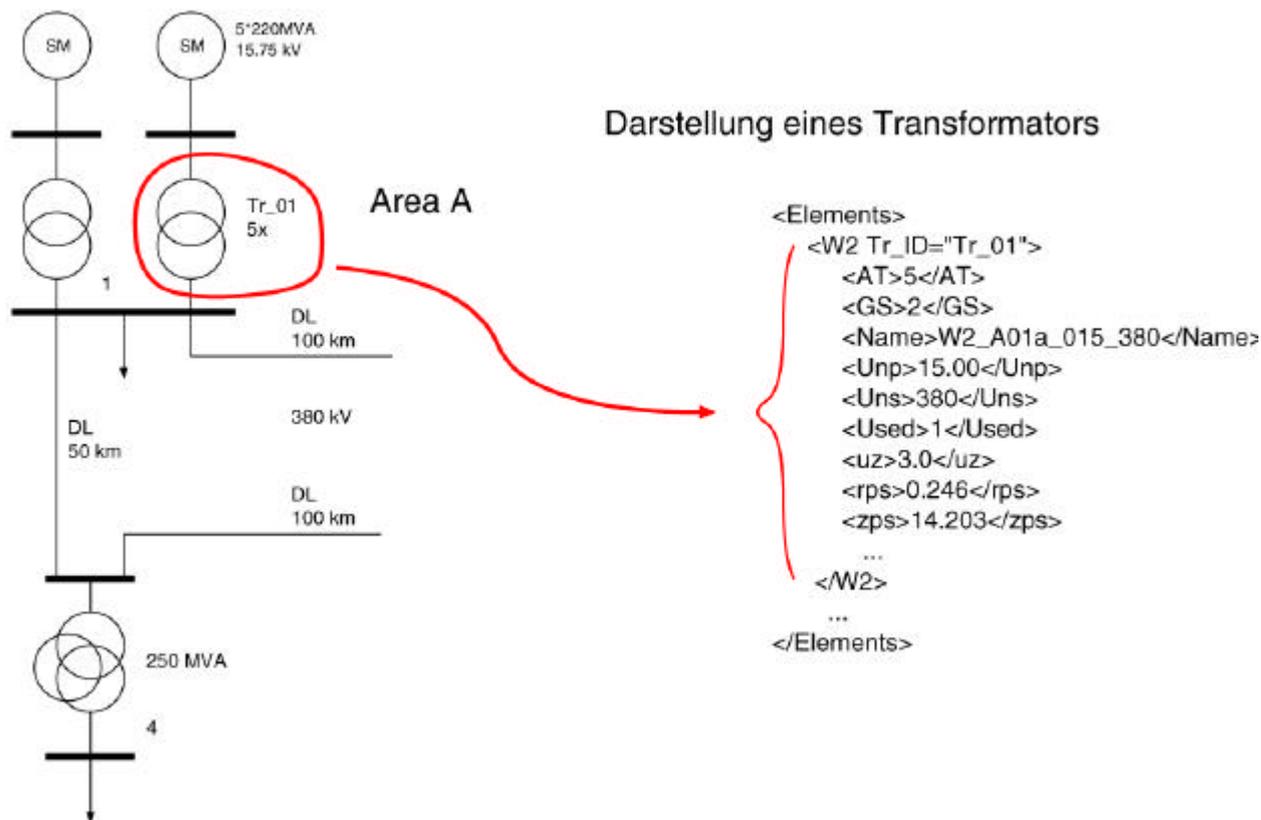


Bild 2: Netzausschnitt im XML Datenformat

Ein Testnetz, dessen Elemente sich an die Daten vorhandener Elektroenergieversorgungsnetze anlehnt, wurde in die Datenstruktur implementiert. Es beinhaltet die Spannungsebenen 110, 220, 380 kV und wird von 16 Generatoren gespeist. Die Umwandlung aus dem PSD-Format in das XML-Datenformat erfolgte mit Hilfe eines Konverters, der in der Programmiersprache „Perl“ erstellt wurde. Für die vorhandenen Netzberechnungsprogramme müssen die Schnittstellen entsprechend erweitert oder ebenfalls Konvertierungsprogramme geschrieben werden. Anschließend können Vergleichsberechnungen anhand eines einheitlichen Testnetzes durchgeführt werden.

Sven Höpfner / Thoralf Bohn

Entwicklung verschleißbeständiger Komponenten für das Plasmaschneiden

An die Elektroden moderner Plasmapbrenner werden immer höhere Anforderungen bezüglich erhöhter Lebensdauer und größerer Effektivität gestellt. Die Effektivität kann durch höhere Schneidgeschwindigkeiten, genauere Schneidkanten und eine erhöhte Anzahl von Zündvorgängen (Einstichen) der Elektroden erreicht werden. Die Elektroden (Bild 1) bestehen aus einem Grundkörper aus Silber (Ag) oder Kupfer (Cu), in dem sich, aufgrund der geringeren Elektronenaustrittsarbeit, ein Hafniumstift befindet. Von diesem Stift aus brennt der Plasmastrahl. Der

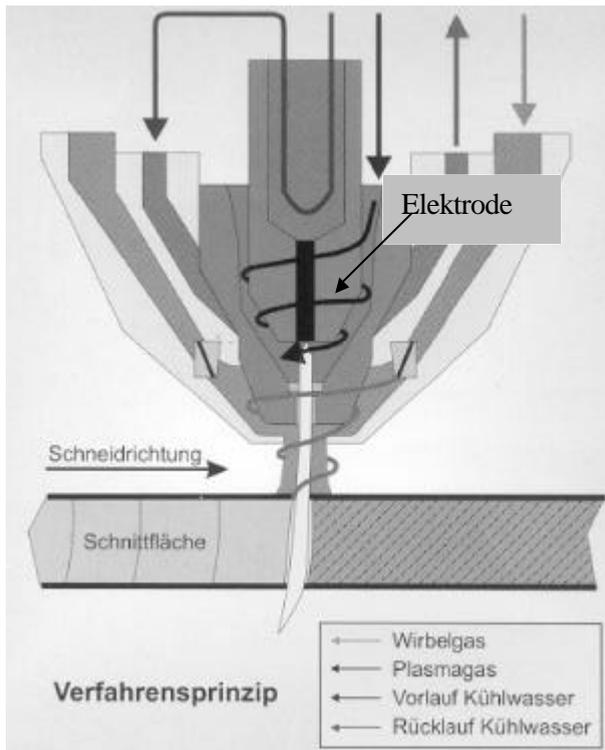


Bild 1: Plasmapbrenner

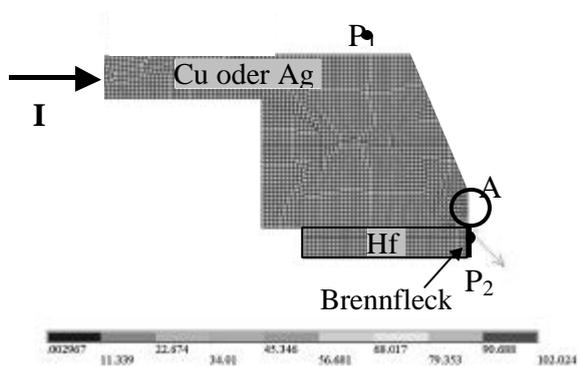


Bild 2: Stromdichteverteilung in einer Elektrode zum Plasmaschneiden

auftritt (Bild 3). Bei heute verwendeten Verbindungen beträgt der Verbindungswiderstand etwa $R_V = 525 \mu\Omega$. Das bedeutet, dass die Stromdichte in den Mikrokontakten und damit die Alterung der Verbindung noch deutlich höher ist, als

Plasmapbrenner arbeitet mit Gleichstrom. Dieser wird vom Kupfer oder Silber auf den Hafniumstift übertragen. Da die elektrische Leitfähigkeit von Hafnium mit $\kappa_{Hf} = 2,75 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ nur 4,6 % der Leitfähigkeit von Kupfer und 4,4 % von Silber beträgt, erfolgt der Stromübergang mit sehr hoher Stromdichte zum Hafnium erst wenige zehntel Millimeter vor dem Brennfleck (Bild 2) der Elektrode. Diese hohe Stromdichte und die extrem hohe Temperatur durch den Brennfleck im Bereich des Stromübergangs zu Hafnium führen zu einer beschleunigten Alterung der Verbindung durch Elektromigration und Diffusion in den Mikrokontakten.

Die Berechnung des Stromübergangs von z. B. Cu zu Hf mit dem FE-Programm ANSYS ergibt, dass bei einer idealen Verbindung mit einem Enge- und Fremdschichtwiderstand $R_E + R_F \approx 0 \mu\Omega$ und einem Verbindungswiderstand, bestehend aus den Materialwiderständen zwischen den Punkten P_1 und P_2 (Bild 2) von $R_M = 78 \mu\Omega$, eine maximale Stromdichte von $S_{max} = 102 \text{ A}/\text{mm}^2$ bei einem Belastungsstrom von $I = 50 \text{ A}$

bei der berechneten idealen Anordnung. In die bisher verwendete Elektrode wurde der Hafniumstift in eine Bohrung der Cu- bzw. Ag-Elektrode per Hand eingepresst. Dabei entstanden aufgrund von Fremdschichten örtlich begrenzte wahre Kontaktflächen mit hoher Stromdichte. Erst durch eine zusätzliche Kupfer- oder Silberschicht auf den gereinigten Hafniumstiften konnte der Verbindungswiderstand auf

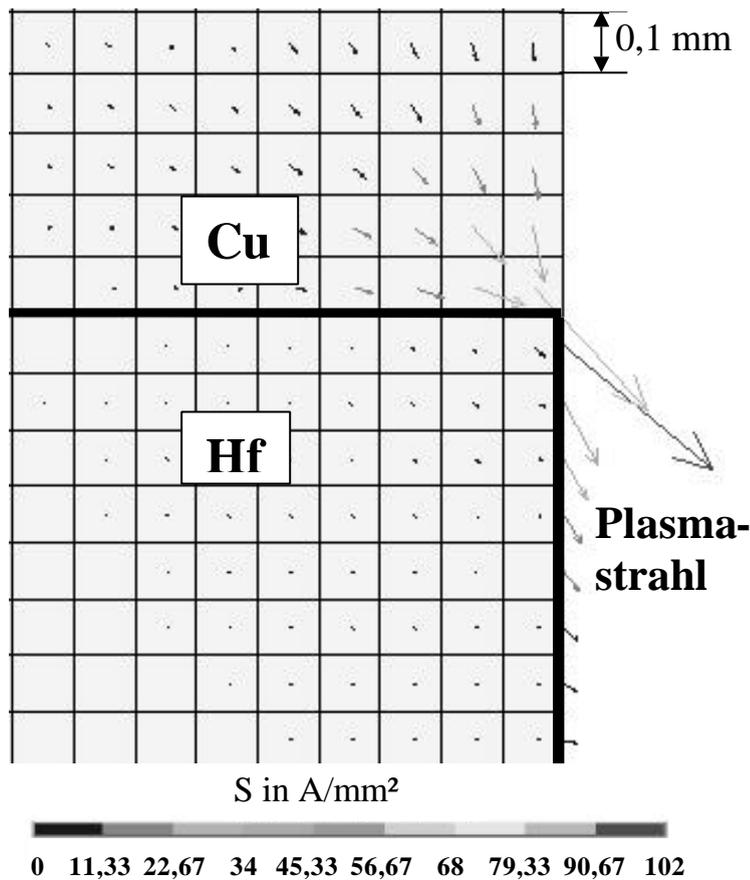


Bild 3: Stromdichteverteilung in einer Elektrode im Bereich des Brennflecks

presst. Dabei entstanden aufgrund von Fremdschichten örtlich begrenzte wahre Kontaktflächen mit hoher Stromdichte. Erst durch eine zusätzliche Kupfer- oder Silberschicht auf den gereinigten Hafniumstiften konnte der Verbindungswiderstand auf

$R_{\text{Hf-Ag}} = (440...458) \mu\Omega$ und damit entsprechend auch die Stromdichte etwas verringert werden. Durch das Reinigen und Beschichten des Hafniumstiftes mit Cu oder Ag konnte der Verbindungswiderstand $R_{\text{Hf-Ag}}$ aber nicht soweit verringert werden, dass die Lebensdauer der Elektrode signifikant erhöht werden konnte.

Durch den Einsatz eines Verbundwerkstoffs, bestehend aus einem Cu-Hohlzylinder, in den der Hafniumstift eingeschoben wird, war es möglich, den Verbindungswiderstand von z. B. $R_{\text{Hf-Cu}} = 512 \mu\Omega$ auf $R_{\text{Hf-Cu}} = 130 \mu\Omega$ zu verringern. Der deutlich geringere Verbindungswiderstand wurde auch dadurch erreicht, dass die Kontaktfläche zwischen dem Hf und dem Cu bzw. Ag um den Faktor zwei vergrößert wurde. Erste Versuche mit der Elektrode aus dem neuen Verbundwerkstoff ergaben, dass ihre Lebensdauer von $t_L = 150$ min auf $t_L = 210$ min und die Anzahl der maximal möglichen Zündvorgänge von $n = 14$ auf $n = 20$ erhöht werden konnte.

Mario Jochim

Simulation des transienten Übertragungsverhaltens von Stromwandlern und deren Anwendung für die Verifikation von Schutzfunktionen

Stromwandler sind Teil des Schutzsystems in Energieversorgungsnetzen. Das transiente Übertragungsverhalten der Stromwandler ist von entscheidender Bedeutung für das richtige Funktionieren der Schutzeinrichtungen und somit für die Zuverlässigkeit des Energieversorgungsnetzes.

Mit einem Simulationsmodell kann der sekundäre Strom des Stromwandlers nachgebildet werden. Dies gestattet eine Überprüfung der Stromwandlerauslegung und auch die Verifikation von Teilfunktionen des Schutzsystems. Die Nachbildung erfolgt mit dem in Bild 1 dargestellten Modell, es besteht aus einem idealen Stromwandler, einem fehlerbehafteten, realen Stromwandler und der angeschlossenen Außenbürde.

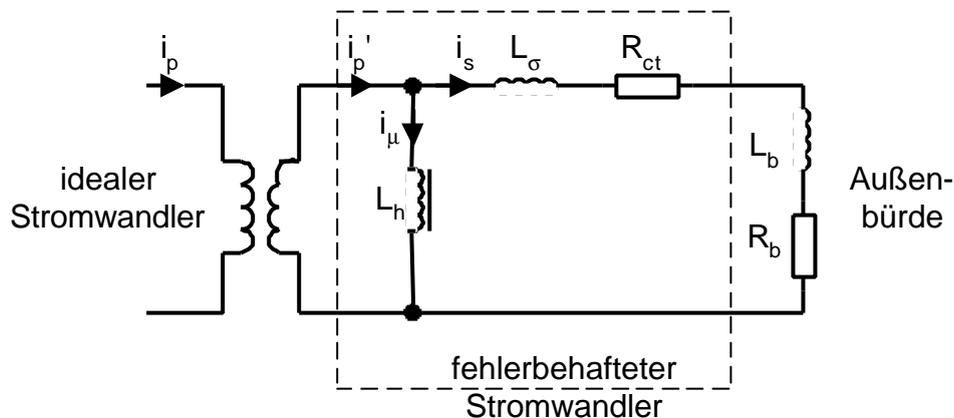


Bild 1: Ersatzschaltbild des simulierten Stromwandlers

Entscheidend für die Simulation des Stromwandlers ist die nichtlineare Hauptinduktivität L_h . Das Modell berücksichtigt die Nichtlinearität (Sättigung), die Hysterese und die evtl. vorhanden Remanenz des Eisenkerns.

Die Parameter der Kennlinien der Hauptinduktivität können im vorhandenen Modell zum einen aus Bemessungsdaten berechnet werden, zum anderen ist eine vollständige oder teilweise Nachbildung durch genauere Messdaten möglich. Die Berechnung aus Bemessungsdaten ist eine sehr praxisrelevante Anforderungen, da häufig nur diese Daten für die Untersuchung zur Verfügung stehen. Diese Berechnung ist sowohl für Stromwandler für Schutzzwecke der Klasse P nach DIN EN 60044-1 als auch für Stromwandler der Klasse TP nach DIN EN 60044-6 möglich.

Zur Verifikation eines Schutzsystems müssen Kurzschlüsse im Netz simuliert werden und die Reaktionen der Schutzeinrichtungen überprüft werden. Dies schließt die Simulation der Stromwandler ein. Da nicht unendlich viele Simulationen durchgeführt werden können, wird es Ziel einer Verifikation sein, mit einer begrenzten Anzahl kritischer Fehler die Funktion des Schutzsystems zu beurteilen.

Die Lösungen der linearisierten Differentialgleichungen des Stromwandlers in den verschiedenen Bereichen der Kennlinie erlauben eine Abschätzung des transienten sekundären Stromverlaufes. Diese Abschätzung ermöglicht es zu bewerten, ob ein bestimmter Kurzschluss für das Schutzsystem kritisch sein kann und deshalb für die Verifikation relevant ist. Die Anzahl der notwendigen Simulationen kann dadurch reduziert werden.

Die Genauigkeit der Simulationen muss ebenfalls untersucht werden. Beim Stromwandlermodell wird die Empfindlichkeit der linearisierten Differentialgleichungen bzgl. der Eingabeparameter betrachtet. Der Einfluss eines Parameters auf den zeitlichen Verlauf des sekundären Stromes kann damit beurteilt werden. Im Hinblick auf die Verifikation kann entschieden werden, ob die Simulationsparameter hinreichend bekannt sind und/oder in bestimmten Grenzen variiert werden müssen.

In Bild 2 sind einige simulierte Stromverläufe dargestellt. In Bild 2a) wurde der Betrag der Bürde variiert, dies hat einen erheblichen Einfluss auf den Beginn der Sättigung, aber keinen Einfluss auf den Verlauf des Stromes im Bereich der Sättigung. In Bild 2b) wurde der Winkel der Bürde variiert, dies hat nur einen geringen Einfluss auf den Beginn der Sättigung, aber erheblichen Einfluss auf den Verlauf des Stromes im Bereich der Sättigung.

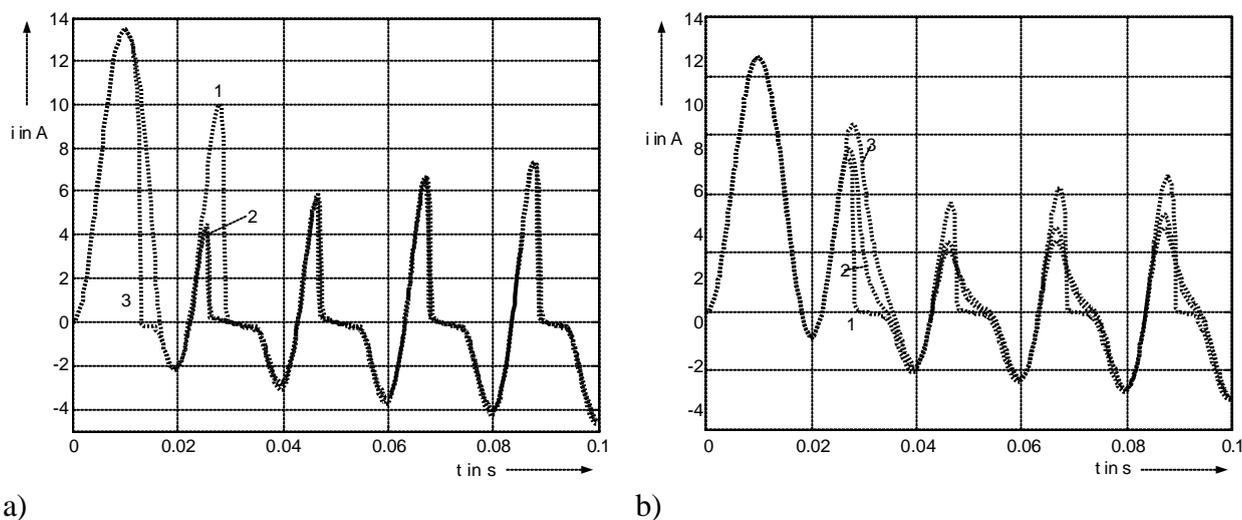


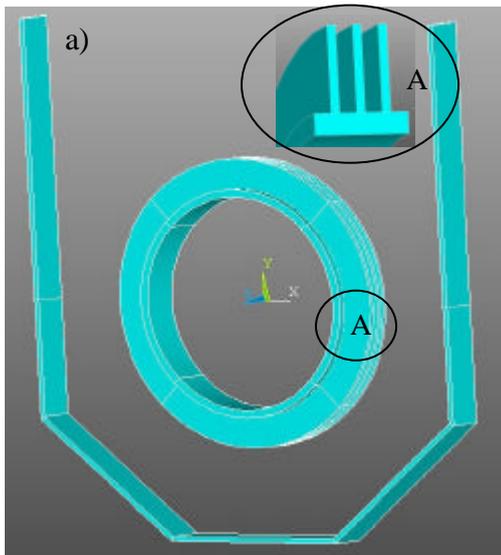
Bild 2: Verlauf des sekundären Stromes bei verschiedenen Bürden

- a) Variation des Betrages einer Wirkbürde
 - 1) $R_b=0,6R_r$; 2) $R_b=0,8R_r$; 3) $R_b=1,0R_r$
- b) Variation des Winkels der Bürde
 - 1) $\cos(\varphi)=1,0$; 2) $\cos(\varphi)=0,9$; 3) $\cos(\varphi)=0,8$

Rainer Luxenburger

Stromverdrängung in gekapselten Hochstrombahnen mit Rippen

Kleinere Strombahnenquerschnitte bzw. höhere Belastungsströme führen dazu, dass in den Geräten der Elektroenergieübertragung die Stromdichten immer größer werden. Hohe Stromdichten führen zu hohen Erwärmungen. Damit die Temperaturen in den Geräten stets kleiner sind als die nach der Norm vorgegebenen Grenztemperaturen, werden z. B. Rippen für eine bessere konvektive Wärmeübertragung an den Strombahnelementen vorgesehen. Durch die Rippen, in denen große Wirbelströme fließen können, wird die Verteilung der Stromdichte in der



Strombahn verändert. Der Strom wird mit höherer Frequenz immer stärker in die Rippen gedrängt. Der Einfluss dieser Rippen auf die Stromverdrängung bzw. die Verlustleistungen in der Strombahn und in der Kapsel soll mit Hilfe des FE-Programms ANSYS näher untersucht werden.

Die Stromverdrängung im Leiter und in der Kapsel wird mit dem Faktor k beschrieben. Er gibt das Verhältnis des Wechselstromwiderstandes zum Gleichstromwiderstand bzw. das Verhältnis der Leistungen an.

$$k = \frac{R_{\sim}}{R_{=}} = \frac{P_{\sim}}{P_{=}}$$

Die Verlustleistung $P_{=}$ bei Gleichstrombelastung wird bezogen auf die Temperatur 20 °C für den Leiter ohne Rippen nach

$$P_{=} = \frac{\rho_{20} \cdot l_{a,r}}{A} \cdot I^2$$

berechnet. Bei Wechselstrombelastung wird die Verlustleistung P_{\sim} aus der FEM-Berechnung ermittelt. Die Stromverdrängungsfaktoren für den Leiter und die Kapsel wurden für die Anordnungen (Bild 1) abhängig von der Frequenz untersucht. Die Anordnung der Rippen auf dem Leiter wird davon bestimmt, ob die konvektive Wärmeübertragung vom Leiter zur Kapsel durch den freien Auftrieb (freie Konvektion) oder durch eine Zwangskühlung axial zum Leiter (erzwungene Konvektion) erfolgen soll.

Bei der freien Konvektion werden die Rippen radial und bei der erzwungenen Konvektion axial am Leiter angeordnet. Bei

Bild 1: gekapselter Leiter mit
a) radial und b) axial
angebrachten Rippen

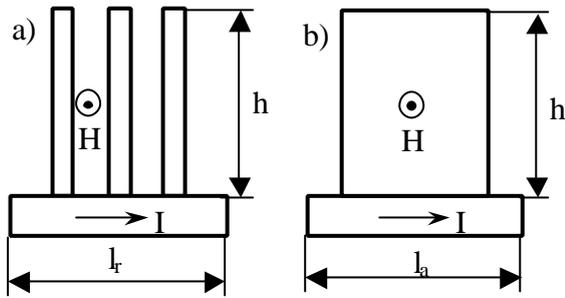


Bild 2: Rippen a) radial und b) axial am Leiter
(H – magn. Feld)

	Leiter	Kapsel	Bezeichnung
D / mm	750	---	Außendurchmesser
A / mm	---	1560	Kapselbreite
H / mm	---	1700	Kapselhöhe
d / mm	25	15	Dicke
$\rho_{20} / \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$	0,033	0,0278	spez. el. Widerstand
l_a / mm	120	120	Länge bei axial angebrachten Rippen
l_r / mm	110	110	Länge bei radial angebrachten Rippen
h / mm	100	---	Höhe der Rippen
b / mm	10	---	Dicke der Rippen
c / mm	20	---	Rippenabstand

Tabelle 1: Geometrische Abmessungen und spez. el. Widerstände

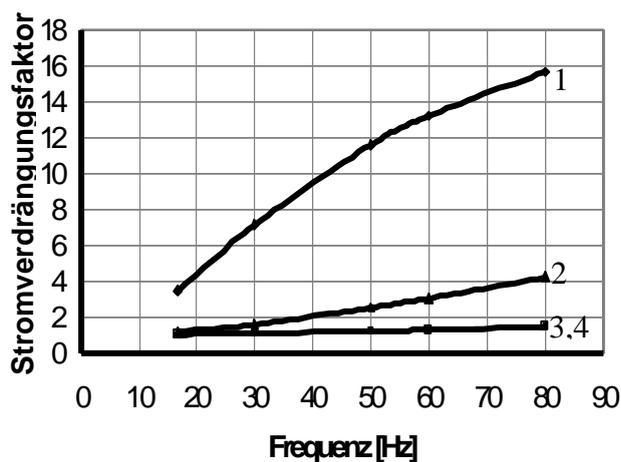


Bild 3: Stromverdrängungsfaktoren für verschiedene Frequenzen
1 - Leiter – Rippen axial; 2 - Leiter – Rippen radial;
3, 4 – Kapsel (Rippen axial (3) und radial (4) am Leiter)

radialer Ausführung betragen für die in Tabelle 1 angegebenen geometrischen und elektrischen Parameter (Leiter und Kapsel) die Stromverdrängungsfaktoren abhängig von der Frequenz $16,67 < f < 80 \text{ Hz}$ im Leiter $1,2 < k < 4,3$. Bei axialer Anordnung der Rippen werden die Stromverdrängungsfaktoren im Leiter mit $3,5 < k < 15,7$ bei gleicher Frequenz deutlich größer als bei radialer (Bild 3). Die Stromverdrängung in der Kapsel wird durch die Anordnung der Rippen am Leiter nicht beeinflusst.

Bei einer zusätzlichen Kühlung von Hochstrombahnen durch oberflächenvergrößernde Rippen am Leiter muss darauf geachtet werden, dass die Stromverdrängungsfaktoren dieser Leiterabschnitte deutlich größer werden als bei Leitern ohne Rippen. Es muss untersucht werden, ob die erhöhte Wärmeübertragung durch die Rippen (größere konvektive Oberfläche) wesentlich größer ist als die durch erhöhte Stromverdrängungsfaktoren zusätzlich erzeugte Wärmeleistung.

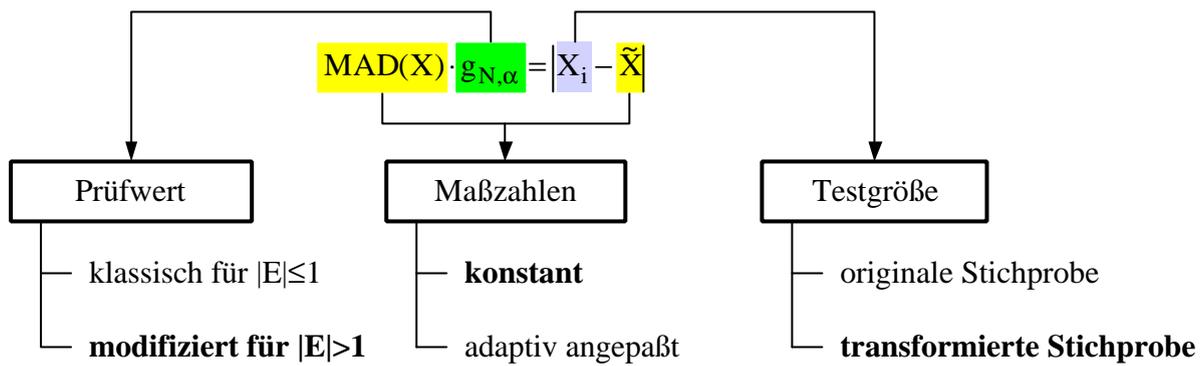
Tomasz Magier

Verfahren zur automatisierten Erkennung normaler Betriebsbedingungen bei der Langzeitauswertung von Spannungsqualitätskenngrößen

Am Verknüpfungspunkt zwischen Abnehmer und öffentlichem Netz muss das Energieversorgungsunternehmen (EVU) unter normalen Betriebsbedingungen die Einhaltung der in EN 50160 für die Spannungsqualität vorgegebenen Grenzwerte gewährleisten. Messwerte, die von denen des normalen Betriebszustands abweichen, lassen sich praktisch nicht vermeiden und werden hervorgerufen durch:

- Fehler bei der Messung
(z. B. in Messkreis, Messdatenerfassung, Messdatenauswertung, -übertragung, -speicherung)
- Fehler im Netz
(z. B. durch Kurzschluss oder Erdschluss)
- Änderungen des Schaltzustandes
(z. B. geplante Ab- oder Umschaltungen)

Alle Messwerte, die während dieser vom normalen Betriebszustand abweichenden Betriebszuständen erfasst werden, dürfen in die Auswertung der Spannungsqualität nicht einbezogen werden. Im mathematischen Sinne handelt es sich bei den Werten um sogenannte Ausreißer. Um den Aufwand bei der Auswertung von Spannungsqualitätsmessungen zu minimieren und gleichzeitig die Genauigkeit zu erhöhen sind automatisierte Verfahren zur Erkennung und Eliminierung der Ausreißerwerte notwendig. Dies gilt insbesondere für fest installierte, permanent aufzeichnende Langzeiterfassungssysteme (PQ Monitoringsysteme), bei denen eine manuelle Aufbereitung der Messdaten sehr aufwendig wäre. Basierend auf der Gleichung zur Ausreißeridentifikation mittels robuster Maßzahlen nach Hampel wurden Verfahren zur Erkennung nichtnormaler Betriebszustände in Verläufen von Spannungsqualitätskenngrößen entwickelt.



- MAD Median absolute Deviation
- $g_{N,\alpha}$ tabellierter Prüfwert
- X_i Stichprobenwert i
- \tilde{X} Median
- E Exzess (4.Moment)

Bild 1: System der Verfahren zur Ausreißeridentifikation

Die auszuwählende Kombination der verschiedenen Methoden hängt von den Eigenschaften des Verlaufes der jeweiligen Spannungsqualitätskenngroße ab (z. B. Stärke saisonale Schwankungen, Streuverhalten). Die Maßzahlen werden anhand vorliegender, als ausreißerfrei geltender Messwerte für den entsprechenden Verknüpfungspunkt bestimmt. Bild 2 zeigt die Anwendung einer der in MATLAB programmierten Methoden, die sämtliche Spannungseinbrüche bzw. Abschaltungen zuverlässig und automatisch erkennt.

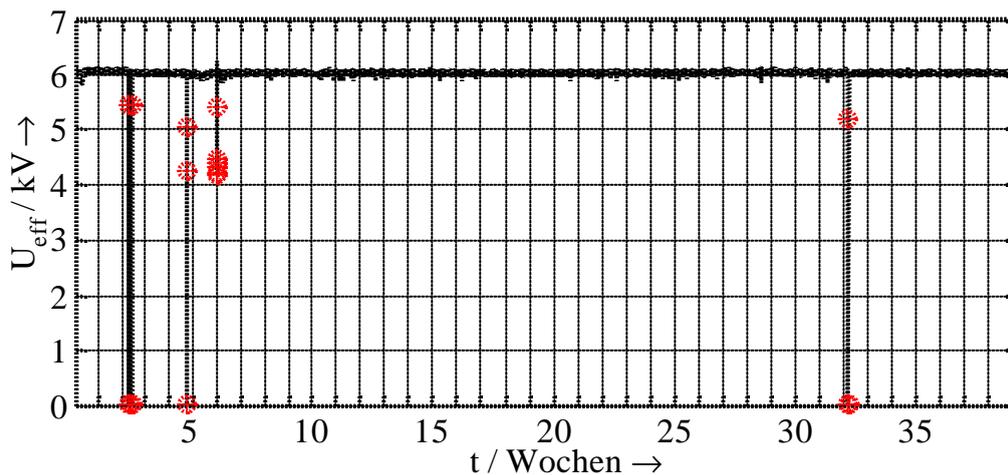


Bild 2: Ausreißer (durch Kreis markiert) im Effektivwertverlauf der Spannung in einem MS-Netz über 39 Wochen

Jan Meyer

Simulation zur qualitativen Bestimmung des Flickerpegels in Netzen mit Drehstromlichtbogenöfen

Der Betrieb eines Drehstromlichtbogenofens ist verbunden mit Spannungsänderungen an der Netzimpedanz des speisenden Netzes. Diese Spannungsänderungen sind zeitlich unregelmäßig und besitzen stochastischen Charakter. Die Spannungsschwankungen können in Lampen und Beleuchtungseinrichtungen Änderungen der Leuchtdichte hervorrufen. Diese Änderungen, auch Flicker genannt, werden vom menschlichen Auge als störend empfunden. Das Ziel der Untersuchung ist eine simulationstechnische Nachbildung des Schmelzofenbetriebes und dem dazugehörigen speisenden elektrischen System. In einem zweiten Schritt sollen Möglichkeiten zur Reduktion des Flickerpegels qualitativ und quantitativ bewertet werden.

Die Nachbildung des Lichtbogens wurde durch eine Gegenspannungsquelle realisiert. Diese Spannungsquelle besitzt einen rechteckförmigen Charakter. Die Zündbedingung für die Spannungsquelle wird durch die anliegende Spannung bestimmt. Die Löschbedingung und das Vorzeichen wird durch den Lichtbogen fließenden Strom definiert. In Bild 1 sind die jeweiligen Strom- und Spannungsverläufe dargestellt.

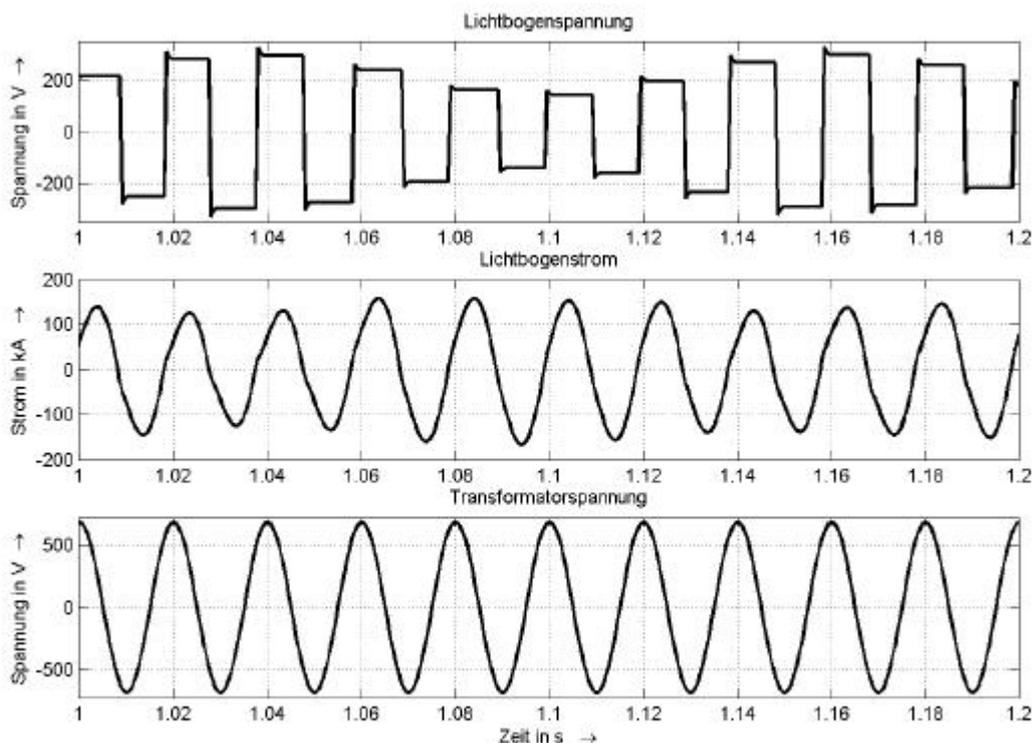


Bild 1: Simulation der Spannungs- und Stromverläufe

Um den stochastischen Betrieb der Schmelzanlage nachzubilden, wird die Amplitude der Gegenspannungsquelle bei jeder Halbwelle abgeändert. Eine rein zufällige Änderung der Lichtbogengegenspannung ergibt nicht eine korrekte Nachbildung des Ofenprozesses, da nicht alle Abläufe innerhalb des Ofens zufälligen Charakter besitzen. Aus diesem Grunde werden die Höhe der Gegenspannungs-

amplituden vor der Simulation unter Berücksichtigung der Schmelzphasen generiert. In Bild 2 ist die Abfolge von Gegenspannungsamplituden für den Beginn einer Schmelze, bezogen auf den Arbeitspunkt, dargestellt.

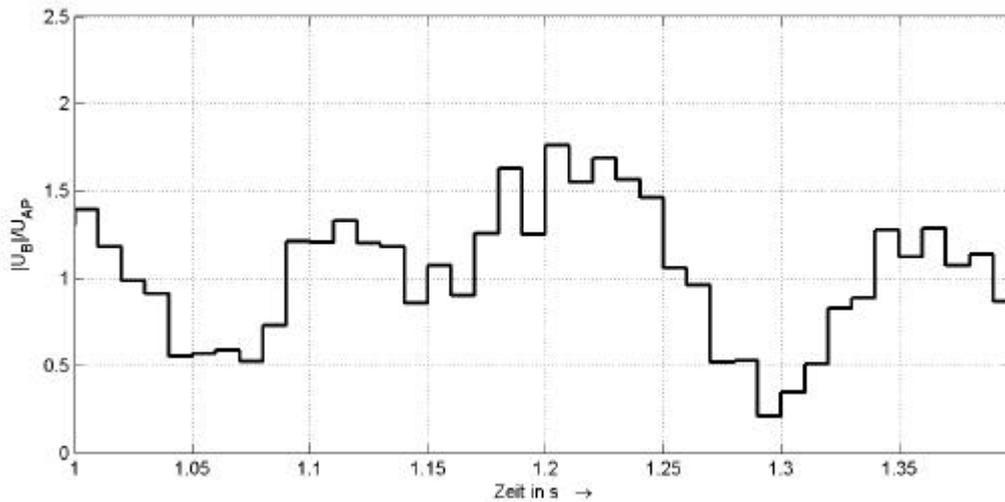


Bild 2: Folge der Gegenspannungsamplituden

Nach der Überprüfung des Simulationsmodells (Vergleich Messung und Simulation hinsichtlich Flickerpegel und Verteilung der Effektivwerte des Stromes) erfolgte eine Sensitivitätsanalyse, um den Einfluss einzelner Betriebsmittel auf das Simulationsergebnis zu untersuchen. Diese Berechnungen ergaben, dass die Betriebsmittel, welche elektrisch nah am Schmelzofen installiert sind, den größten Einfluss auf das Simulationsergebnis besitzen. Dies sind die Hochstromverbindung (elektrische Verbindung zwischen Schmelzelektrode und Lichtbogenofentransformator), der Lichtbogenofentransformator und die davor geschaltete Drosselspule. Da diese Betriebsmittel Einzelanfertigungen sind, können aus der Literatur entnommene Betriebsmittelparameter nur eine erste Näherung für die Parametrierung darstellen. Es konnte allerdings für vorhandene Messreihen eine gute Übereinstimmung hinsichtlich Flicker und Verteilung der Stromeffektivwerte der Grundharmonischen erzielt werden. Die Verteilung der Effektivwerte höherer Harmonischer ist mit dem derzeitigen Simulationsmodell noch nicht zufriedenstellend. Die Differenzen ergeben sich durch die unbekanntenen nichtlinearen Eigenschaften des Lichtbogentransformators.

Für eine Verringerung des Flickerpegels wurde eine Erhöhung der Kurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt näher betrachtet. Des weiteren wurde der Einfluss der zyklischen Zuschaltung einer Last auf das Flickerverhalten bewertet. Eine Verringerung des Flickerpegels bei Verbesserung des Schaltalgorithmus ist zu erwarten.

Georg Pilz

Bestimmung des thermischen und des elektrischen Kontaktwiderstandes der Kontaktfinger eines Generator-Leistungsschalters

Um die Erwärmung der Strombahn in Generator-Leistungsschaltern mit der Wärmenetzmethode berechnen zu können, müssen u. a. der thermische und der elektrische Kontaktwiderstand der Kontaktfinger (Bild 1) bekannt sein. Diese Kontaktwiderstände wurden abhängig von der Kontaktkraft experimentell bestimmt. Die Untersuchungen erfolgten an einem Segment des Kontaktsystems eines Generator-Leistungsschalters. Das Segment des Kontaktsystems bestand aus den Segmenten des Fingerkorbes und den Cu-Kontakttringen sowie aus den Kontaktfingern selbst. Das Segment des Kontaktsystems wurde so gewählt, dass 4 Fingerblöcke mit je 9 Fingern untersucht werden konnten (36 Finger).

Das Segment des Fingerkorbes hatte 5 Öffnungen, von denen die mittlere zum Verspannen der Versuchsanordnung mit einer Schraube und einer Feder genutzt wurde. In den anderen 4 Öffnungen befanden sich die Kontaktfinger. Über den Federweg konnte die Kontaktkraft definiert eingestellt werden (Bild 2).



Bild 1: Kontaktfinger



Bild 2: Versuchsanordnung (Draufsicht)

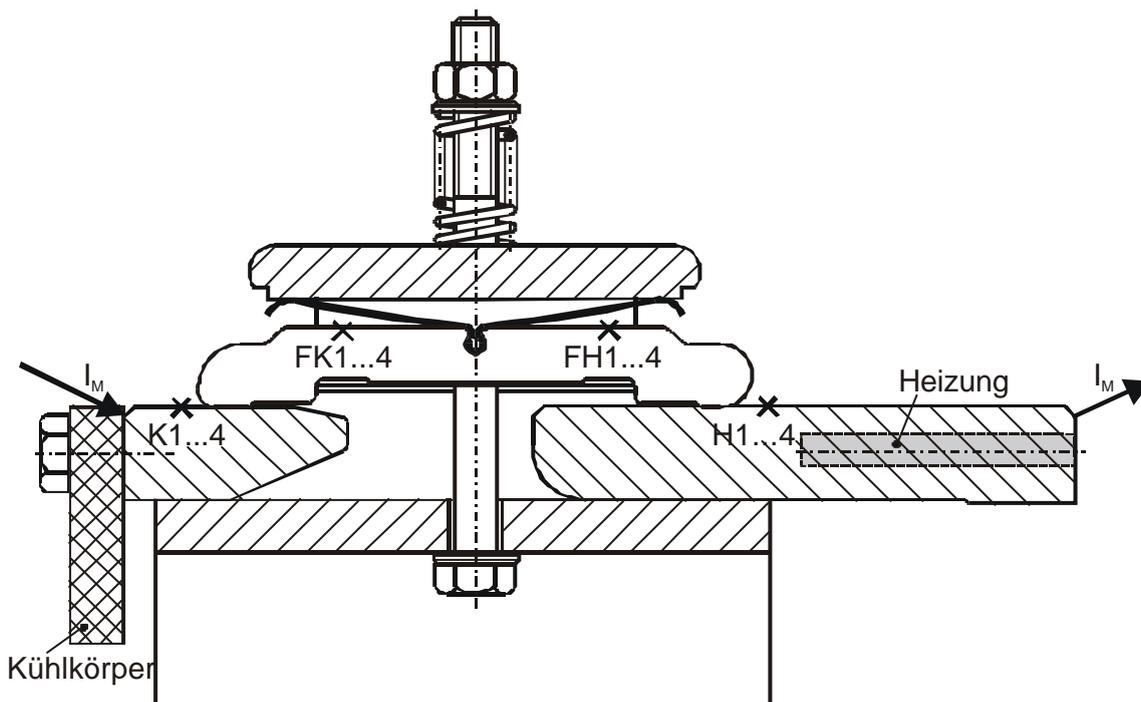


Bild 3: Versuchsanordnung

Bestimmung des thermischen Kontaktwiderstandes

In den breiteren Cu-Kontakttring (Bild 3) wurden 4 elektrische Heizelemente mittig zu den untersuchten 4 Fingerblöcken eingebaut. Die Leistung war stellbar. Sie wurde mit einem Präzisionsleistungsmesser gemessen. An den schmaleren Cu-Kontakttring wurde zur intensiven Kühlung ein Kühlkörper angeschraubt. Die gesamte Versuchsanordnung wurde mit Steinwolle thermisch isoliert. Die Temperatur der Cu-Kontakttringe wurde auf jedem Ring an 4 Stellen im Abstand von $d = 10 \text{ mm}$ von den Kontaktpunkten mit NiCr-Ni-Thermoelementen gemessen. Die Temperatur der äußeren Oberfläche der thermischen Isolierung wurde an jeder Seite mittig mit jeweils einem Thermoelement gemessen.

Der thermische Widerstand aller parallelen Kontaktfinger inklusive der Engstellen ergibt sich mit der mittleren Temperaturdifferenz zwischen der beheizten Seite ϑ_H und der gekühlten Seite ϑ_K und der über die Finger übertragenen Leistung P_{Finger}

zu $R_{th} = \frac{\Delta J_{\text{Finger}}}{P_{\text{Finger}}}$. Ist der thermische Materialwiderstand eines Fingers bekannt,

kann der thermische Kontaktwiderstand ($R_{th,KW}$) eines Auflagepunktes eines Kontaktfingers nach $R_{th,KW} = \frac{1}{2}(36 \cdot R_{th} - R_{th,Material})$ berechnet werden (Bild 4, normiert).

Bestimmung des elektrischen Kontaktwiderstandes

Der elektrische Widerstand der Versuchsanordnung wurde mit einem Mikroohmmeter bestimmt. Der Messstrom wurde dabei an den Enden der Kontakttringe über 4 gleichlange Cu-Drähte jeweils mittig zu jedem Fingerblock eingespeist. Dadurch war gewährleistet, dass sich der Messstrom von $I_M = 20 \text{ A}$ gleichmäßig auf die 4 Blöcke aufteilt. Die Spannung wurde jeweils an den Stellen auf den Kontakttringen abgegriffen, an denen auch die Temperaturen gemessen wurden. Analog zur Berechnung des thermischen Kontaktwiderstandes wurde der elektrische Kontaktwiderstand eines Auflagepunktes eines Kontaktfingers bestimmt (Bild 5, normiert).

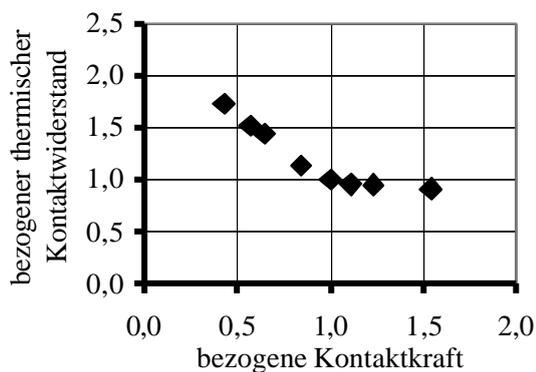


Bild 4: thermischer Kontaktwiderstand

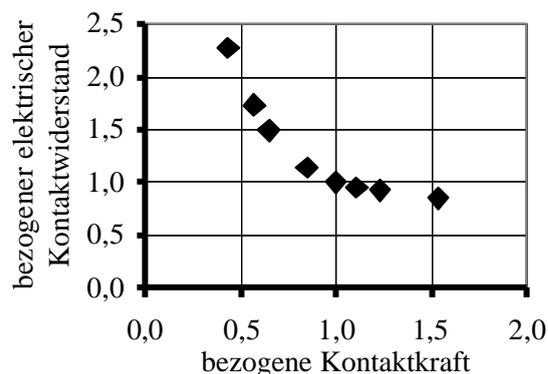


Bild 5: elektrischer Kontaktwiderstand

Mario Schenk

Einsatz von Hochspannungs-Leistungsschaltern unter extremen Klimabedingungen

Im Winter müssen Hochspannungs-Leistungsschalter in extremen Klimagebieten bei sehr niedrigen Umgebungstemperaturen und sehr hohen Windgeschwindigkeiten zuverlässig betrieben werden können. Der zu betrachtende Leistungsschalterpol besteht aus einem geerdeten Metallkessel und zwei Durchführungen (Bild 1, kleines Bild). Innerhalb des Kessels befindet sich die Schalteinheit. Die Ableitung zu den Anschlüssen erfolgt über zwei Keramikdurchführungen. Das Isoliergas im Kessel und in den Durchführungen steht unter Druck. Es verflüssigt sich abhängig vom Fülldruck bei Temperaturen unter $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

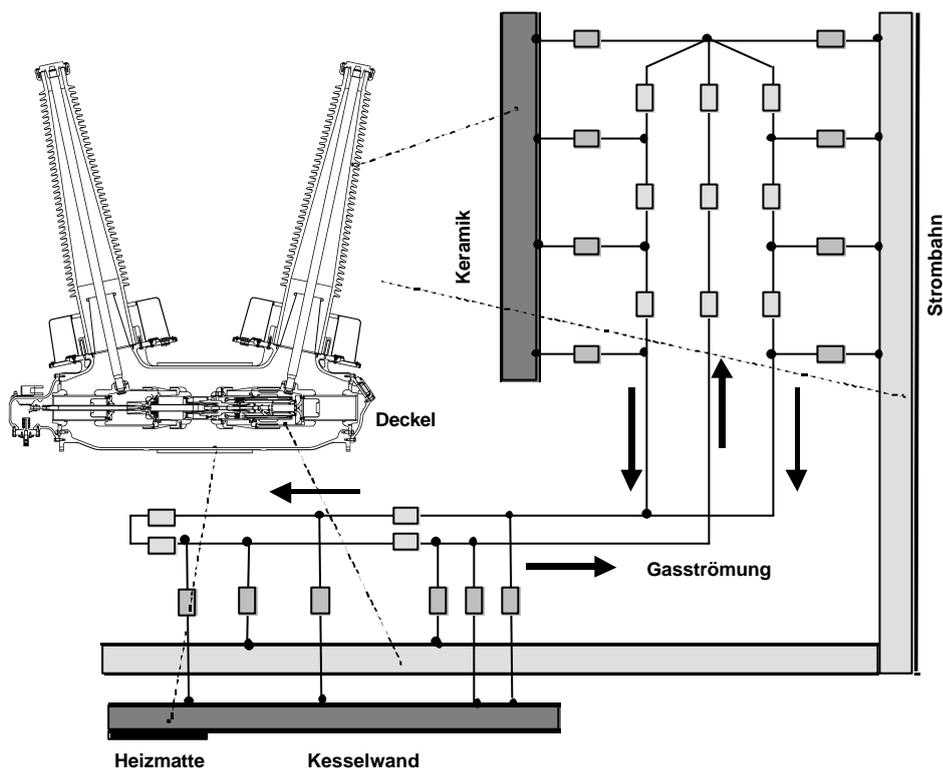


Bild 1 Teil-Wärmenetz des Schalters mit Gasströmung - schematisch

Mit dem Wärmenetz wurde untersucht, bei welcher Umgebungstemperatur und welcher Windgeschwindigkeit das Isoliergas im Schalter flüssig wird, wenn in der Mitte des Metallkessels dem Schalter durch eine zusätzliche Heizung Wärmeleistung zugeführt wird. Dabei sind die Stellen zu bestimmen, an denen die Verflüssigungstemperatur erreicht werden kann. Durch die Heizung wird gewährleistet, dass an der Innenseite des Kessels eine konstante Temperatur oberhalb der Verflüssigungstemperatur eingehalten wird. Im Wärmenetz werden dafür an dieser Stelle des Kessels Temperaturquellen eingesetzt. Untersuchungen ergaben als kritische Stelle des Schalters den Deckel des Kessels (Bild 1).

Mit der statistischen Versuchsplanung wurde der Einfluss der Parameter x_1 (Umgebungstemperatur), x_2 (Windgeschwindigkeit) und x_3 (Temperatur der Kesselinnenwand) auf die Temperatur des Deckels ϑ_D untersucht. Dazu wurde die Approximationsfunktion $\vartheta_D = f(x_1, x_2, x_3)$ mit dem Versuchsplan bestimmt.

$$J_D = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2$$

Um den Einfluss dieser drei Parameter auf die Temperatur des Deckels bewerten zu können, wurde jeweils ein Parameter variiert und die anderen zwei im Zentralpunkt (Bild 2) konstant gehalten. Daraus ergaben sich folgende Schlussfolgerungen:

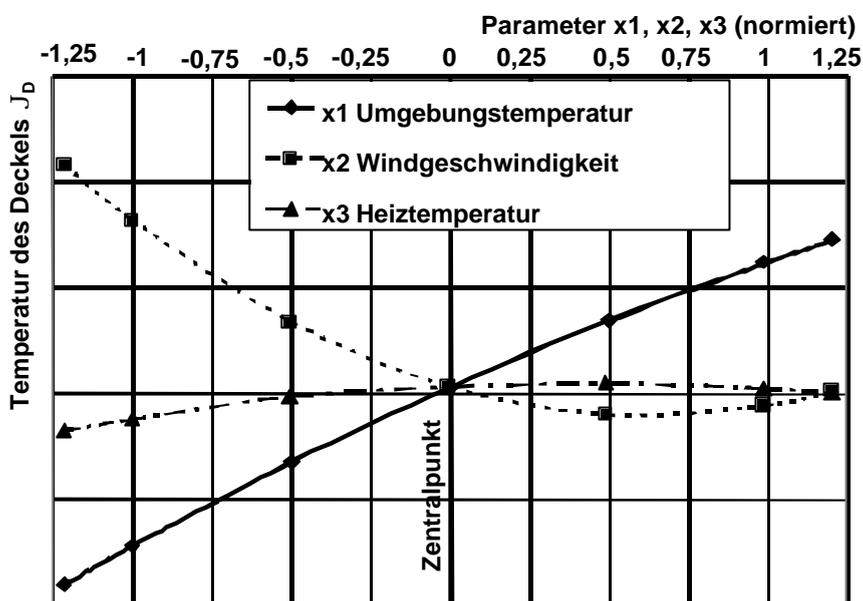


Bild 2 Temperatur des Deckels abhängig von drei Parametern

- Den größten Einfluss auf die Temperatur ϑ_D des Deckels hat die Umgebungstemperatur (x_1).
- Ab einer normierten Windgeschwindigkeit $v > 0$ (x_2) wird die Temperatur ϑ_D des Deckels im betrachteten Parameterbereich nur noch wenig beeinflusst.
- Die durch die Heizung bestimmte Temperatur ϑ_H in der Mitte des Schalters hat ab einer normierten Umgebungstemperatur $\vartheta_H = 0$ nur noch einen geringen Einfluss auf die Temperatur ϑ_D des Deckels.

Mit der Approximationsfunktion kann mit geringem Aufwand die Temperatur des Deckels im betrachteten Parameterbereich ermittelt werden.

So ergibt sich z. B. bei einer Umgebungstemperatur von $\vartheta_0 = -48 \text{ °C}$, einer Temperatur im Bereich des beheizten Kessels von $\vartheta_H = 18,5 \text{ °C}$ und einer vernachlässigbaren Windgeschwindigkeit am Deckel eine Temperatur von $\vartheta_D = -24,7 \text{ °C}$. Das Isoliergas ist noch nicht flüssig.

Bei gleicher Umgebungstemperatur und gleicher Temperatur im Bereich des beheizten Kessels ergibt sich dagegen bei einer Windgeschwindigkeit von $v = 20 \text{ m/s}$ eine Temperatur am Deckel von $\vartheta_D = -42,6 \text{ °C}$. Bei dieser Temperatur ist das Isoliergas bereits flüssig.

Helmut Löbl / Helmut Scholz

Untersuchung zum Einfluss der Harmonischen im Erdschlussreststrom auf die Löschfähigkeit in kompensiert betriebenen Energieversorgungsnetzen

Die Erdschlusskompensation ist eine weit verbreitete Art der Sternpunktbehandlung in Mittelspannungs- und 110-kV-Netzen in Deutschland. Der Grund hierfür ist das Verhalten kompensiert betriebener Netze im Erdschlussfall. Die Kompensation des kapazitiven Erdschlussstromes durch den induktiven Strom der Erdschlussspule begrenzt den Fehlerstrom auf einen geringen Reststrom, so dass Erdschlusslichtbögen in der Regel von selbst verlöschen. Die Höhe des Reststromes ist abhängig von der Dämpfung, der Verstimmung und den Harmonischen. Da sich der Gehalt an Harmonischen in den Netzspannungen öffentlicher Netze erhöht hat, ist der Einfluss der Harmonischen im Reststrom auf das Löschverhalten kompensiert betriebener Netze von besonderem Interesse.

Die Untersuchungen stützen sich auf Simulationen mit dem Alternative Transient Program (ATP), denen der aktuelle Erkenntnisstand über das Auftreten von Harmonischen im Erdschlussreststrom zu Grunde gelegt wurde. Zur Nachbildung von Erdschlusslichtbögen kommt ein Lichtbogenmodell zum Einsatz, das mit der Simulationssprache MODELS in ATP umgesetzt wurde. Dieses Lichtbogenmodell basiert auf der zweifach modifizierten Lichtbogengleichung nach Mayr. Die Lichtbogenparameter abgegebene Leistung und thermische Zeitkonstante werden jedoch nicht wie bisher in Abhängigkeit vom Bogenleitwert, sondern als Funktion der Lichtbogenlänge bestimmt, um die geometrischen Daten der Elektrodenanordnung bei der Simulation zu berücksichtigen. Die Lichtbogenlänge wird dazu aus dem Lichtbogenstrom ermittelt. Eine entsprechende Berechnungsformel wurde aus der statischen Lichtbogengleichung abgeleitet.

In einem ersten Schritt wurden metallische Erdschlüsse nachgebildet, um die Amplituden der Harmonischen im Erdschlussreststrom und die Auswirkungen verschiedener Einflussgrößen abschätzen zu können. Die Simulationen beschränken sich auf die Modellierung der 3., 5. und 7. Harmonischen. Die Ergebnisse in

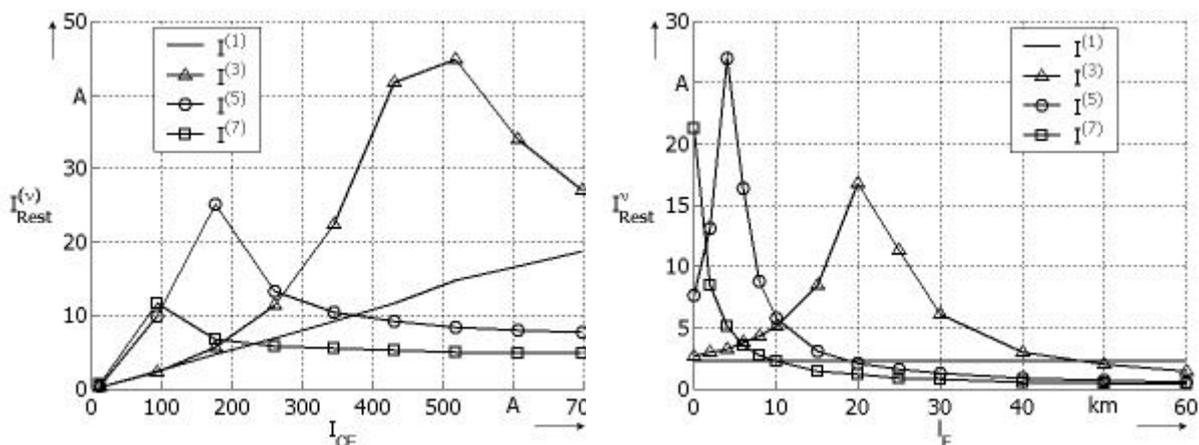


Bild 1: Abhängigkeit der Harmonischen im Erdschlussreststrom $I_{Rest}^{(n)}$

a) vom kapazitiven Erdschlussstrom I_{CE}
bei Fehler an der Sammelschiene

b) von der Fehlerentfernung l_F bei
 $I_{CE} = 80$ A

Bild 1 zeigen eine eindeutige Abhängigkeit der Harmonischen im Reststrom von der Größe des Netzes (kapazitiver Erdschlussstrom) und der Fehlerentfernung. Außerdem konnte ein deutlicher Einfluss der Erdschlussspulen mit Kennlinien unterschiedlicher Sättigung festgestellt werden. Innerhalb eines Netzes ergeben sich abhängig vom Fehlerort unterschiedliche Eigenfrequenzen. Liegt die Eigenfrequenz in der Nähe der Frequenz einer Harmonischen, wird diese aufgrund von Resonanzerscheinungen verstärkt. Dadurch können Harmonische im Erdschlussreststrom den Grundanteil um ein Vielfaches übersteigen. Die Resonanzbereiche eines Netzes können aus der variierten Fehlerentfernung, dem kapazitiven Erdschlussstrom des Netzes und der Kurzschlussleistung des vorgelagerten Netzes abgeschätzt werden.

Zur Untersuchung des Einflusses der Harmonischen im Reststrom auf die Löschfähigkeit wurden die Lichtbogenbrenndauern bei unterschiedlichem Anteil an Harmonischen in der Netzspannung ermittelt. Dazu wurde ein geringer Anteil durch Einspeisung der 3., 5. und 7. Harmonischen von jeweils 1% der Netzspannung und ein hoher Anteil durch Einspeisung der

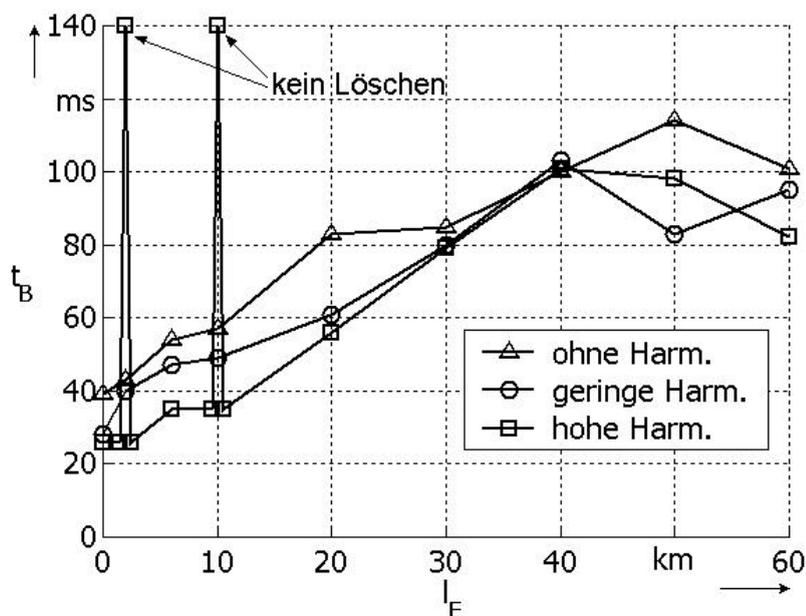


Bild 2: Lichtbogenbrenndauer t_B als Funktion der Fehlerentfernung l_F bei unterschiedlichem Gehalt an Harmonischen

Verträglichkeitspegel der Harmonischen (2,5 %, 6 %, 5 %) realisiert. Wie in Bild 2 zu sehen ist, wirkt sich ein geringer Anteil von Harmonischen begünstigend auf die Lichtbogenlöschung aus. Die Ursache hierfür kann die Ausbildung zusätzlicher Nulldurchgänge oder die Abschwächung der Amplitude des Lichtbogenstromes durch Überlagerung der Harmonischen mit dem Grundanteil sein. Ein hoher Anteil von Harmonischen in der

Netzspannung kann dagegen durch die erhöhte Energiezufuhr zum stabilen Brennen des Lichtbogens führen. Dabei sind besonders die Fehlerstellen gefährdet, an denen der Pegel der Harmonischen aufgrund von Resonanzerscheinungen ansteigt.

Olaf Seifert

3.2. Dissertationen

Schwaegerl, Peter: Methoden und Verfahren zur messtechnischen Bestimmung des Netzäquivalents

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. P. Schegner TU Dresden
Prof. Dr.-Ing. D. Nelles Universität Kaiserslautern
Prof. Dr.-Ing. habil. T. Lobos Politechnica Wroclawska

Das statische Netzäquivalent repräsentiert ein Netz an einem betrachteten Netzknoten im stationären Zustand. Anwendung findet es primär als Übergabeparameter zwischen fremden Energieversorgungsunternehmen zur Berechnung von Kurzschlussströmen und der zur Verfügung stehenden Kurzschlussleistung. Über die Kurzschlussleistung ist es auch eine indirekte Kenngröße zur Betrachtung der Energiequalität.

Rechentechisch wird das Netzäquivalent meist durch die Netz- bzw. Kurzschlussimpedanz \underline{Z}_k nach DIN VDE 0102 und IEC 909 angesetzt. Aufgrund der dabei verwendeten Vereinfachungen ist die Kurzschlussimpedanz \underline{Z}_k nicht identisch mit dem tatsächlichen Netzäquivalent \underline{Z}_i . Die zur rechentechischen Bestimmung notwendigen Kenndaten der Betriebsmittel des betrachteten Netzes sind häufig fehlerhaft oder nicht verfügbar. Gleiches gilt für die Daten von über- und unterlagerten Fremdnetzen sowie deren aktuellen Schalt- und Lastzustand.

Das statische Netzäquivalent wird darum in dieser Arbeit rein durch eine messtechnische Auswertung bestimmt. Der betrachtete Netzknoten wird zwei unterschiedlichen Belastungszuständen (B1 und B2) ausgesetzt, bei denen jeweils Strom und Spannung am Knoten erfasst werden. Mit der Delta-Methode wird das Netzäquivalent \underline{Z}_i aus der Differenz der komplexen Zeigerwerte der einzelnen Größen gemäß (1) bestimmt.

$$\begin{aligned} (I) \quad \underline{U}_q &= \underline{Z}_i \cdot \underline{I}_{B1} + \underline{U}_{B1} \\ (II) \quad \underline{U}_q &= \underline{Z}_i \cdot \underline{I}_{B2} + \underline{U}_{B2} \end{aligned} \quad \rightarrow \quad \underline{Z}_i = \frac{\underline{U}_{B1} - \underline{U}_{B2}}{-(\underline{I}_{B1} - \underline{I}_{B2})} = \frac{\Delta \underline{U}}{-\Delta \underline{I}} \quad (1)$$

Die mit der Delta-Methode ermittelte Impedanz ist die messtechnische Realisierung des rechentechischen Überlagerungsverfahrens und berücksichtigt so den aktuellen topologischen Zustand des Netzes sowie den aktuellen Betriebszustand der einzelnen Betriebsmittel.

Die Genauigkeit des ermittelten Netzäquivalents ist primär von der Genauigkeit der bei der Delta-Methode eingesetzten Zeigerwerte abhängig. Durch die Änderung des Belastungszustands treten jedoch transiente Ausgleichsvorgänge auf, die sich den gesuchten betriebsfrequenten Größen überlagern.

Zur Bestimmung der komplexen Zeigergrößen aus den aufgezeichneten Signalverläufen werden die Hilbert-Transformation, die Fourier-Transformation und die Wavelet-Transformation verwendet. Die Einflüsse der Ausgleichsvorgänge wer-

den durch eine gleitende Mittelwertbildung, eine Geradenapproximation oder durch eine Prony-Estimation wirkungsvoll beschränkt.

Das Netzäquivalent kann nun mit den Verfahren

- Hilbert-Transformation mit gleitender Mittelwertbildung (HTM),
- Fourier-Transformation mit Geradenapproximation (FTG) oder
- Wavelet-Transformation mit Geradenapproximation (WTG)
- Prony-Estimation im Zeitbereich mit anschließender Fourier-Transformation (PEZF),
- Prony-Estimation im Zeitbereich mit anschließender Wavelet-Transformation (PEZW),
- Prony-Estimation der komplexen Zeiger der Fourierwerte (PEKF) und
- Prony-Estimation der komplexen Zeiger der Waveletwerte (PEKW)

bestimmt werden.

Mit den in dieser Arbeit untersuchten Verfahren geschieht die Auswertung eines Messdatensatzes automatisch. An Hand verschiedener empirisch bestimmter Kriterien wird das ermittelte Ergebnis einem Plausibilitätstest unterzogen und gegebenenfalls als unsicher verworfen. Die Verfahren wurden sowohl mit Simulationsdatensätzen als auch mit Messdaten von Feldversuchen getestet. Mit Hilfe der Simulationsdatensätze wurden Kenngrößen ermittelt, die einen Vergleich der Verfahren untereinander hinsichtlich ihrer möglichen Anwendbarkeit in der Praxis ermöglichen.

Dabei zeigte sich, dass das HTM-Verfahren, die Verfahren mit Geradenapproximation FTG und WTG sowie mit Einschränkungen das PEZF-Verfahren bezüglich der Einsetzbarkeit und der erzielten Betrags- und Phasengenauigkeit verwendbar sind.

Die Auswertung der Messdaten von Feldversuchen bestätigte die gute Einsetzbarkeit und Genauigkeit der FTG- und WTG-Verfahren sowie die Einschränkungen bezüglich der Prony-Verfahren.

Mit den in dieser Arbeit erstmals untersuchten Verfahren kann das Netzäquivalent automatisch aus betriebsbedingten Zustandsänderungen im Netz mit der Delta-Methode bestimmt werden, die mit gängigen Transientenrekordern oder den Störfallaufzeichnungen von digitalen Schutzgeräten erfasst wurden. Spezielle zusätzliche Messeinrichtungen sind nicht erforderlich.

Mit der vorliegenden Arbeit wurde ein wichtiger Beitrag zur Ermittlung des Netzäquivalents geleistet. Die bestehenden Verfahren wurden durch neue Methoden verbessert. Des Weiteren wurden neue Verfahren eingeführt sowie die Auswertung automatisiert.

Peter Schwaegerl

Schenk, Mario: Zur thermischen Bemessung der Geräte in kompakten Anlagen der Elektroenergietechnik am Beispiel von Netzstationen

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. J. Kindersberger TU München
 Prof. Dr.-Ing. habil. J. Huhn TU Dresden
 Dr.-Ing. I.-F. Primus Betonbau GmbH Waghäusel

In den Verteilungsnetzen der Elektroenergieversorgung werden *begehbare* und *nicht begehbare Netzstationen (Kompaktstationen)* eingesetzt. In diesen Netzstationen erzeugen der Transformator, die Mittelspannungsschaltanlage und die Niederspannungsverteilung Verlustleistungen (Wärmeleistungen) von bis zu 20 kW. Aufgrund der kleinräumigen Bauweise der Netzstationen kann die Wärmeleistung von den Geräten an die Umgebung über die Stationswände und über die Lüftungsöffnungen in den Gebäuden nur erschwert abgeführt werden. Die Übertemperaturen der Geräte in Netzstationen und insbesondere in Kompaktstationen sind bei gleicher Belastung wesentlich größer als bei der Typprüfung der Geräte nach der Norm bei freier Aufstellung im Innenraum. Da unabhängig vom Einsatz der Geräte die in den Normen festgelegten *Grenztemperaturen* bzw. *Grenzübertemperaturen* für die Geräte eingehalten werden müssen, ist deren Strombelastbarkeit beim Einsatz in Netzstationen zum Teil wesentlich geringer als durch die Typprüfung ausgewiesen wird.

In der vorliegenden Arbeit wurde deshalb auf der Grundlage der Wärmenetzmethode ein Verfahren entwickelt, mit dem die Erwärmung und die Strombelastbarkeit elektrotechnischer Geräte in kleinräumigen, gekapselten Anlagen, wie z. B. in Netzstationen, abhängig von den Belastungen durch den Strom und die Umgebung berechnet werden kann. Damit die Temperaturen für beliebige Kombinationen von Geräten und Gebäuden von Netzstationen berechnet werden können, sind alle Wärmenetze modular aufgebaut, d. h., sie können über einheitliche Anschlussknoten (Schnittstellen) miteinander verbunden werden. Für den Aufbau und die Berechnung solcher Wärmenetze wurden Wärmenetzbibliotheken für die Simulationssysteme PSpice bzw. Simplorer entwickelt.

Die zur Modellbildung notwendigen Parameter, wie z. B.

- die Faktoren c_1 und n_1 in den Ähnlichkeitsfunktionen der konvektiven Wärmeübertragung für senkrechte, offene Spalte in Luft und Öl,
- die Emissionszahlen beschichteter Oberflächen ε ,
- die Himmelstemperatur ϑ_H ,
- die äquivalenten Größen für die treibende Druckhöhe Δh_{tr} und die Größe der Lüftungsflächen $A_{e,a}$ bei Netzstationen mit mehr als zwei Lüftungsöffnungen in unterschiedlichen Höhen und
- die Widerstandsbeiwerte $\zeta_{e,a}$ der Lüftungsgitter

wurden experimentell bzw. durch Berechnungen mit Computational Fluid Dynamics Programmen (CFD) auf der Basis eines Finite-Volumen-Verfahrens bestimmt.

Die Wärmenetze für die elektrotechnischen Geräte und für die Stationsgebäude der Netzstationen wurden durch eine Vielzahl von Experimenten verifiziert.

Es wird gezeigt, wie die Gehäuseklasse von Netzstationen abhängig von den verschiedenen Einflussparametern

- Höhe der Wärmeleistung der Geräte (z. B. $P_{ges,75^{\circ}C}$, P_{NS}),
- Größe der Oberfläche dieser Geräte (z. B. O_{Tr}),
- Größe der Oberfläche des Stationsgebäudes O_{St} ,
- Widerstandsbeiwert der Lüftungsgitter $\zeta_{e,a}$,
- Größe der Lüftungsflächen $A_{e,a}$,
- Höhendifferenz zwischen der Luftein- und der Luftaustrittsöffnung Δh_{tr} und
- Aufstellhöhe des Transformators (h_{Tr})

berechnet werden kann.

Außerdem wurde nachgewiesen, dass die Geräte der Niederspannungsverteilung bei der Belastung mit ihrem Bemessungsstrom in Netzstationen wesentlich wärmer werden als bei der Prüfung frei im Raum nach der Norm. Das bedeutet, dass die Geräte, die in Netzstationen eingesetzt werden, nicht dauernd mit dem Bemessungsstrom, der nach der Norm geprüft und vom Gerätehersteller angegeben wird, belastet werden können. Am Beispiel eines Lasttrennschalters wurde gezeigt, wie Geräte für den Einsatz in Netzstationen auszuwählen sind, ohne dass thermische Grenzwerte überschritten werden.

Aufgrund der sehr unterschiedlichen thermischen Trägheit des Transformators und der Geräte der Niederspannungsverteilung ergeben sich bei einer sich zeitlich ändernden Belastung unterschiedliche Reserven für die Geräte hinsichtlich der dynamischen Strombelastbarkeit. Einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Erwärmung der Geräte in Netzstationen haben die Umgebungsbedingungen unter Freiluftatmosphäre, wie z. B. die sich zeitlich ändernde Umgebungstemperatur, die Leistung der Sonnen- und Himmelsstrahlung, die Abstrahlung gegen den Himmel und der Wind. Dazu kommt, dass Netzstationen in den meisten Fällen nicht ständig mit konstantem Strom belastet werden. Im Gegensatz zur Prüfung im Labor kann die Wirkung der sich zeitlich ändernden Umgebungsbedingungen unter Freiluftatmosphäre und der nicht konstanten Strombelastung auf die Erwärmung der Geräte in Netzstationen mit dem entwickelten Verfahren berechnet werden. Es wird gezeigt, wie bei diesen Belastungen Reserven erschlossen werden können.

Mit dem entwickelten Berechnungsverfahren wird es möglich, kompakte Anlagen der Elektroenergie-technik abhängig von den zeitlich veränderlichen Belastungen durch den Strom und die Umgebung optimal zu dimensionieren.

Mario Schenk

Kuntze, Torsten: Analyse und Nachbildung der Spezifik von Hochspannungs-Leistungsschaltern beim Schalten kapazitiver Lasten

Gutachter:	Prof. Dr.-Ing. habil. G. Winkler	TU Dresden
	Prof. Dr.-Ing. habil. F. Noack	TU Ilmenau
	Prof. Dr.-Ing. H.-H. Schramm	Siemens Berlin
	Prof. Dr.-Ing. W. Boeck	TU München

Die Adaption, Erweiterung und Anwendung eines phänomenologischen Schaltermodells zur Analyse von Schaltvorgängen an konzentrierten und kapazitiven Lasten wird in der Arbeit vorgestellt.

Das entstandene Schaltermodell bietet eine Auswahl von Methoden zur Beschreibung der Lichtbogen- und Durchschlagsprozesse. Zur Simulation der Vorgänge beim Schalten kapazitiver Lasten mit relativ kleinen Strömen wird die Lichtbogenbeschreibung auf der Basis der erweiterten Mayr'schen Lichtbogengleichung vorgenommen. Die Wiederverfestigung der Schaltstrecke wird auf der Basis der Kontaktabstand-Zeit-Funktion als Kaltfestigkeit des Schaltgerätes unter Berücksichtigung des Isoliermediums und der zu bestimmenden elektrischen Höchstfeldstärke der Kontaktanordnungen bestimmt. Die Modellierung der dielektrischen Festigkeit der Schaltstrecke unter der Berücksichtigung von Restplasma und Kontakterwärmung unmittelbar nach der Lichtbogenlöschung wird durch die Wichtung der Kaltfestigkeit über ein Verzögerungsglied realisiert. Der Durchschlagsprozess wird auf der Grundlage des Toeplerschen Funkengesetzes nachempfunden.

Das programmtechnisch erstellte Schaltermodell arbeitet als frei programmierbares Modul im Netzwerkanalyseprogramm EMTP/ATP. Das Schaltermodell erhält eine Basisparametrierung mit bekannten Spezifika des zu untersuchenden Schaltgerätes. Durch den Vergleich der Strom- und Spannungsverläufe am Schaltgerät und der angeschlossenen Betriebsmittel aus Mess- und Simulationsergebnissen erfolgt die Korrektur einzelner Parameter oder von Parameterbereichen im Schaltermodell. Mit Hilfe dieser Schalterparametrierung können Simulationen in einem Umfang durchgeführt werden, der für entsprechende experimentelle Messungen unter Prüffeld- oder Netzbedingungen einen unvermeidbaren Aufwand hervorrufen würde. In bezug auf die abgeführte Lichtbogenenergie in der Schaltkammer wird bei der Beschreibung zwischen Leistungsschaltern nach dem Selbstblasprinzip und dem Kompressionsprinzip unterschieden.

Untersuchungen im Labor und Netzversuche zeigen, dass bei langanhaltender Gleichspannung an der abgeschalteten kapazitiven Last und bei Schaltzyklen, die einen Polaritätswechsel der Gleichspannung zur Folge haben, neue Bedingungen für die Analyse und Wertung der dielektrischen Beanspruchung bestehen. Der Einfluss von auf den Isolierstoffoberflächen in der Schaltkammer akkumulierten Ladungen auf die elektrische Feldstärke und die Änderung dieser bei Schaltungszyklen mit folgendem Polaritätswechsel auf der Gleichspannungsseite werden als

Ansatz für neue Bewertungskriterien der dielektrischen Beanspruchung dargestellt.

Auf der Basis von zeitabhängig modellierten Teilkapazitäten unterschiedlichen Ladezustandes und Lichtbogenwiderständen wurde ein Teilentladungsmodul erstellt und das Schaltermodell erweitert. Spezifisch an Mehrkammer-Leistungsschaltern wurden nach dem Auftreten von Rückzündungen in einer Schaltkammer vereinzelt Außenüberschläge an den anderen Schaltkammern des Pols beobachtet. Bei der Untersuchung der dielektrischen Beanspruchung der Außenkontur von Schalteinheiten ist der Einfluss von Fremdschichtbelägen beim Schalten kapazitiver Lasten mit hohen Entladezeitkonstanten untersucht worden. Das Schaltermodell wurde um eine Komponente zur Nachbildung der Zustandsgrößen des Fremdschichtlichtbogens auf Basis der Mayr'schen Lichtbogengleichung mit einem Algorithmus zur Bestimmung des Lichtbogensvorwachsens und der Lichtbogenverlängerung erweitert.

Neben der Darstellung der Anforderungen an einen Leistungsschalter zur rückzündungsfreien Ausschaltung wurden durch die Netzwerkanalyse spezielle Schaltfälle mit kapazitiven Lasten in besonderen Netzkonstellationen untersucht, die durch eine erhöhte dielektrische Beanspruchung für den Leistungsschalter gekennzeichnet sind. Die Modellierung der Abschaltung von Filterkreisen unter den Bedingungen des Konverterbetriebes in einer HGÜ zeigt die Verhältnisse bei der Lichtbogenlöschung stark überschwingungsbehafteter Ströme. Die unterschiedliche dielektrische Beanspruchung der Schaltstrecken von Filterkreis-Leistungsschaltern wird im dreiphasig nachgebildeten Netzwerk für den Wechselrichterbetrieb, Gleichrichterbetrieb, Lastabwurf durch Blockierung der Stromrichter und bei Fehlerbedingungen an der Konvertersammelschiene dargestellt.

Mit dem erstellten Schaltermodell und der bestehenden Datenbank sind die Verhältnisse für ein breites Schaltgeräte- und Anwendungsspektrum zum Schalten kapazitiver Lasten nachbildbar. Durch systematische Parametervariationen können Grenzbereiche und Tendenzen für Schalteranwendungen aufgezeigt werden.

Torsten Kuntze

3.3 Veröffentlichungen

Hasse, P.; Engelmann, E.: Bericht von der 4. Fachtagung Arbeiten unter Spannung (AuS). EVU-Betriebspraxis 1-2/2002, S. 28 – 33

Engelmann, E.: Umfangreichere Anwendung des Arbeitens unter Spannung. Elektropraktiker, Berlin 25 (2002) 3, S. 148 – 150

Rogler, R.-D.; Löbl, H.; Fricke, D.: Bestimmung der Restnutzungsdauer elektrotechnischer Verbindungen in Elektroenergieanlagen mit dem Diagnoseverfahren RELITE. ETG-Fachtagung „Diagnostik elektrischer Betriebsmittel“, Berlin, 26./27.02.2002, ETG-Fachbericht 87, S. 125 – 128

Speck, J.; Kindersberger, J.: Bewertung der Umrichtertauglichkeit von Niederspannungs-Asynchronmaschinen. ETG-Fachtagung „Diagnostik elektrischer Betriebsmittel“, Berlin, 26./27.02.2002, ETG-Fachbericht 87, S. 301 – 304

Hable, M.: Energieeinsatzoptimierung in lokalen Systemen mit evolutionären Algorithmen. Fachtagung Elektrische Energiewandlungssysteme, Magdeburg, 13./14.03.2002, Tagungsband S. 53 – 58

Hable, M.: Energieeinsatzoptimierung in lokalen Systemen mit evolutionären Algorithmen. „Dresdener Kreis“, Wernigerode, 18.-20.03.2002, S. 35 – 44

Bauer, H.; Nitzschke, D.: Machbarkeitsnachweis einer numerischen EMV-Analyse hochkomplexer Anlagen. EMV 2002 Düsseldorf, 09.-11.04.2002, Tagungsband, S. 599 – 606

Hable, M.; Meisenbach, C.; Winkler, G.: Economically optimised power dispatch in local systems using evolutionary algorithms and dynamic programming. PSMC 2002, London/England, 17.-19. April 2002, Tagungsband S. 174 – 179

Leonowicz, Z.; Lobos, T.; Waclawek, Z.; Schegner, P.: Time-Frequency Distribution for Fault Classification in Electrical Engineering. 25th International Conference on Fundamentals of Electrotechnics and Circuit Theory “IC-SPETO 2002”, Gliwice/Polen, 22.-25.05.2002, Vol. II, S. 521 – 524

Bauer, H.; Hentschel, G.; Nitzschke, D.: Transiente Berührungsspannungen bei Arbeiten an geerdeten Sammelschienen in Hochspannungs-Schaltanlagen. ICOLIM 2002 Berlin, 05.-07.06.2002, Proceedings, S. 255 – 260

Bauer, H.; Bohn, Th.: Magnetische Felder beim Arbeiten unter Spannung an Hoch-, Mittel- und Niederspannungsanlagen. ICOLIM 2002 Berlin, 05.-07.06.2002, Proceedings, S. 243 – 248

Schegner, P.; Luxenburger, R.: Applikationsprüfung eines Leitungsdifferential-schutzsystems unter besonderer Berücksichtigung der Stromwandlersättigung.OMICRON-Anwendertagung 2002, Lindau am Bodensee, 18./19.06.2002, Beitragsband S. 9.1 – 9.7

Erling, I.; Kasztel, Z.; Schegner, P.: Enhanced Modal Based Technique for Construction of Power System Dynamic Equivalents. 14th PSCC, 24.-28.06.2002, Sevilla/Spain, Session 02, Paper 2, S. 1 – 7

Schegner, P.; Eberl, G.: Computation of the Earth Fault Distance in Compensated MV-Networks by Evaluating Steady State. 14th PSCC, 24.-28.06.2002, Sevilla/Spain, Session 08, Paper 5, S. 1 – 6

Leonowicz, Z.; Lobos, T.; Schegner, P.: Modern Spectral Analysis of Non-Stationary Signals in Electrical Power Systems. 14th PSCC, 24.-28.06.2002, Sevilla/Spain, Session 28, Paper 3, S. 1 – 6

Schegner, P.; Pilz, G.; Wallner, C.: Analysis of Noisy Voltage Signal with a High Resolution of Frequency for the Closing of Transmission Lines. 14th PSCC, 24.-28.06.2002, Sevilla/Spain, Session 42, Paper 1, S. 1 – 6

Schoft, St.; Kindersberger, J.; Löbl, H.: Joint Resistance of Busbar-Joints with Randomly Rough Surface. 21st International Conference on Electrical Contacts, 09.-12.09.2002, Zürich/Schweiz, Tagungsband, S. 230 – 237

Schoft, St.; Kindersberger, J.; Löbl, H.: Reduction of Joint Force by Creep in High Current Joints. 21st International Conference on Electrical Contacts, 09.-12.09.2002, Zürich/Schweiz, Tagungsband, S. 406 – 412

Löbl, H.; Pauer, R.; Springmann, P.; Freudiger, G.: Creepage of Copper in Mechanically and Thermally Highly-Stressed Plug Connectors. 21st International Conference on Electrical Contacts, 09.-12.09.2002, Zürich/Schweiz, Tagungsband, S. 542 – 547

Schegner, P.; Pilz, G.; Seifert, O.: Methods for automatic parameter estimation of resonant-earthed systems. MEPS'02, Wroclaw/Polen, 11.-13.09.2002, Proceedings, S. 151 – 156

Schegner, P.; Schwaegerl, P.: Determination of Network Equivalents of Large Power Networks Using Transient Recordings. MEPS'02, Wroclaw/Polen, 11.-13.09.2002, Proceedings, S. 157 – 161

Schegner, P.; Luxenburger, R.: Application Testing of Line Differential Protection Systems Under Special Consideration of Current Transformer Saturation. 13th International Conference on Power System Protection - PSP 2002, Bled/Slovenia, 25.-27.09.2002, S. 179 – 184

Schegner, P.; Eberl, G.: Application of a Fault Current Difference Measurement for the Computation of the Earth Fault Distance in Compensated MV-Networks. 13th International Conference on Power System Protection - PSP 2002, Bled/Slovenia, 25.-27.09.2002, S. 104 – 108

Hiller, Th.; Schegner, P.: Modellierung des Störungsmanagements in Mittelspannungsnetzen. VDE-Kongress 2002, Dresden, 21.-23.10.2002, Band 1, S. 629 – 634

Janik, P.; Leonowicz, Z.; Schegner, P.: Analyse nicht stationärer Signale in Energiesystemen. ELEKTRIE, Berlin 56 (2002) 09-12, S. 321 – 328

3.4 Vorträge

Schegner, P.: Sternpunktbehandlung und Erdung in Kabelnetzen. 59. Kabelseminar, 19./20.02.2002, Hannover

Schenk, M.: Einsatz der Wärmenetzmethode zur Dimensionierung von Hochspannungsgeräten. Vortrag ABB, 23.04.2002, Dresden

Löbl, H.: Thermische Dimensionierung und Langzeitverhalten der Verbindungen in Hochstromanlagen. Vortrag ABB, 23.04.2002, Dresden

Magier, T.: Magnetische Felder und Stromverdrängung in gekapselten Generatorausleitungen. 10. Kolloquium „Anlagen- und Hochspannungstechnik“, 25.05.2002, Ilmenau

Gramsch, Chr.: Temperaturverteilung und Strömung der Kühlluft in Anlagen der Elektroenergieübertragung, berechnet mit dem CFD-Programm Flotherm. 10. Kolloquium „Anlagen- und Hochspannungstechnik“, 25.05.2002, Ilmenau

Jochim, M.: Widerstand einer Stromschienenverbindung, berechnet mit einem Vielpunkt-Kontaktmodell. 10. Kolloquium „Anlagen- und Hochspannungstechnik“, 25.05.2002, Ilmenau

Pauer, R.: Kriechalterung in Kupferverbindungen, dargestellt am Beispiel eines Vielpunkt-Kontaktelements. 10. Kolloquium „Anlagen- und Hochspannungstechnik“, 25.05.2002, Ilmenau

Löbl, H.: Störlichtbögen in Mittelspannungs-Schaltanlagen. Vortrag ESAG, 20.06.2002, Dresden

Seifert, O.: Darstellung des Aufbaues und Betriebes elektrischer Energieversorgungsnetze. Vortrag bei DBI, 10.07.2002, Leipzig

Löbl, H.: Creepage of Copper in Mechanically and Thermally Highly-Stressed Plug Connectors. Vortrag 21st International Conference on Electrical Contacts, 12.09.2002, Zürich/Schweiz

Seifert, O.: Methods for automatic parameter estimation of resonant-coupled systems. MEPS'02, 12.09.2002, Wroclaw/Polen

Luxenburger, R.: Simulation des transienten Übertragungsverhaltens von Stromwandlern und deren Anwendung für die Verifikation von Schutzfunktionen. Vortrag CIGRE-Working-Group "Power System Protection", 25.09.2002, Dresden

Seifert, O.: Berechnung der Erwärmung in der Nähe von fehlerbetroffenen Kabeln. Vortrag bei DBI, 05.11.2002, Leipzig

Hable, M.: Integrale Energieeinsatzoptimierung in lokalen Energiesystemen. Vortrag im Graduiertenkolleg „Lokale Innovative Energiesysteme“, 23.11.2002, Berlin

3.5 Patente

Lotze, G.; Krink, V.; Laurisch, F.; Löbl, H.; Möhler, W.: „Elektrodenelement für Plasmabrenner sowie Verfahren zur Herstellung“. Patent – angemeldet am 06.03.2002; Nr. 10210421.2-52

Pilz, G.; Schegner, P.: „Bestimmung eines optimalen Schaltzeitpunktes mit Hilfe eines variablen Verschiebezeitparameters beim gesteuerten Einschalten von Leistungsschaltern durch Auswertung des Anstieges der Spannung im berechneten Schaltnulldurchgang“. angemeldet am 25.02.2002

Pilz, G.; Schegner, P., Wallner, Chr.: „Bestimmung eines optimalen Schaltzeitpunktes mit Hilfe eines variablen Verschiebezeitparameters beim gesteuerten Einschalten von Leistungsschaltern durch Auswertung der Kurvenform der berechneten Spannung“. angemeldet am 25.02.2002

4 Externe Aktivitäten und Kontakte

4.1 Teilnahme an Fachtagungen und Kolloquien

59. Kabelseminar, Hannover, 19./20.02.2002	Prof. Schegner
ETG-Fachtagung „Diagnostik elektrischer Betriebsmittel“, Berlin, 26./27.02.2002	Prof. Schegner, Dr. Löbl, Dr. Engelmann, Dr. Speck
Fachtagung Elektrische Energiewandlungssysteme, Magdeburg, 13./14.03.2002	DI Hable
Konferenz PSMC, London/England, 17.-19.04.2002	DI Hable
„Dresdner Kreis“, Wernigerode, 18.-20.03.2002	Prof. Schegner, Dr. Bauer, DI Hable, DI Eberl
DKE-Tagung, Frankfurt/Main, 22./23.04.2002	Dr. Bauer
ETG-Fachtagung „Internet im Kraftwerk“, Frankfurt/Main, 24./25.04.2002	Dr. Bauer
10. Kolloquium „Anlagen und Hochspannungstechnik“, Ilmenau, 23.-25.05.2002	Prof. Schegner, Dr. Löbl, Dr. Speck, DI Jochim, DI Gramsch, DI Schenk, DI Pauer, DI Magier
ICOLIM 2002, Berlin, 05.-07.06.2002	Dr. Bauer, Dr. Engelmann, DI Bohn
Symposium „Transformatoren“, Nürnberg, 11./12.06.2002	Dr. Engelmann, Dr. Speck
Konferenz INSUCON 2002, Berlin, 18.-20.06.2002	Dr. Speck
OMICRON-Anwendertagung 2002, Lindau am Bodensee, 19./20.06.2002	DI Luxenburger
14. PSCC, Sevilla/Spanien, 24.-28.06.2002	Prof. Schegner, DI Eberl, DI Pilz
39. CIGRE-Konferenz, Paris/Frankreich, 26.-30.08.2002	Prof. Schegner, DI Bohn

100 Jahre JWH-Elektroarmaturen, Radebeul, 06.09.2002	Prof. Schegner, Dr. Löbl
21. International Conference on Electrical Contacts, Zürich/Schweiz, 09.-12.09.2002	Dr. Löbl
Tagung MEPS'02, Wroclaw/Polen, 11.-13.09.2002	Prof. Schegner, DI Seifert
13 th International Conference on Power System Protection - PSP 2002, Bled/Slovenia, 25.-27.09.2002	DI Eberl, DI Luxen- burger
VDE-Kongress, Dresden, 21.-23.10.2002	Prof. Schegner, Prof. Winkler, Dr. Bauer, Dr. Engelmann, Dr. Speck, Dr. Freytag, DI Jochim, DI Ma- gier, DI Eberl, DI Hable, DI Höpfner, DI Seifert
VDE: „Wirkungen niederfrequenter Magnetfelder“, Frankfurt/Main, 20.11.2002	Dr. Bauer
DFG-Kolloquium, Aachen, 26.-28.11.2002	Prof. Schegner, Prof. Winkler, DI Höpfner, DI Bohn

4.2 Veranstaltungen des Instituts

10.01.02 Schnupperstudium für einen Tag

25.05.02 Uni-Tag 2001

Wissenschaftliche Kolloquien:

15.01.02 Dipl.-Ing. Pauer, TU Dresden, IEEH
„Kriechalterung in Kupferverbindungen, dargestellt am Beispiel eines Vielpunkt-Kontaktelementes“

16.04.02 Dipl.-Ing. Bohn, TU Dresden, IEEH
„Berechnung magnetischer Felder für das Arbeiten unter Spannung“

14.05.02 Dr.-Ing. Speck, TU Dresden, IEEH
„Bewertung der Umrichtertauglichkeit von Niederspannungs-Asynchronmaschinen“

11.06.02 Dipl.-Ing. Rudolph, ALSTOM Frankfurt am Main
„Moderne Kommunikationsstrukturen in der Stationsleittechnik“

09.07.02 Prof. Altmann, HTWK Leipzig
„Tödliche Stromunfälle in den Bereichen Haushalt, Freizeit und Gewerbe in den neuen Bundesländern und Berlin in den Jahren 1990 bis 1999“

15.10.02 Dipl.-Ing. Luxenburger, TU Dresden, IEEH
„Simulation des transienten Übertragungsverhaltens von Stromwandlern und deren Anwendungen für die Vertifikation von Schutzfunktionen“

12.11.02 Dipl.-Ing. Dietrich, Ing.-Büro THETA Dresden
„Druck in Schaltfeldern und Gebäuden bei Belastung durch Störlichtbögen“

10.12.02 Dipl.-Ing. Fischer, ESAG Dresden
„Jahrhundertflut 2002 – Wie sicher ist die Elektroenergieversorgung? Schlussfolgerung der ESAG“

4. Fachtagung “Arbeiten unter Spannung (AuS)”

Am 13. und 14. Dezember 2001 fand in Dresden die 4. Fachtagung “Arbeiten unter Spannung (AuS)” statt. Sie wurde von der Energietechnischen Gesellschaft im VDE (ETG), dem VDE-Bezirksverein Dresden und der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik (BGFE) veranstaltet. Mit der Vorbereitung, Durchführung und wissenschaftlichen Leitung der Tagung war bereits zum dritten Mal unser Institut beauftragt. 180 Fachleute aus Deutschland, Dänemark, Österreich und der Schweiz waren der Einladung gefolgt.

AuS wurden in den vergangenen Jahren vorzugsweise im Niederspannungsbereich ausgeführt. Heute ist jedoch festzustellen, dass neben Reinigungsarbeiten in unter Spannung stehenden MS-Schaltanlagen in zunehmendem Maße der Bedarf an weiteren Arbeiten an MS- und HS-Anlagen erkennbar ist. Bei der Einführung des AuS in diese Spannungsbereiche existieren aber aufgrund inzwischen fehlender Erfahrungen vielfältige Unsicherheiten, Fragen und Probleme. Folgende Schwerpunkte des AuS bei Nennspannungen über 1 kV standen deshalb im Mittelpunkt der Tagung:

- nationaler und internationaler Stand
- rechtliche und organisatorische Voraussetzungen in Deutschland
- Ausbildung und Qualitätssicherung
- AuS als Eigen- und Dienstleistung
- verfügbare AuS-Ausrüstungen und -Technologien
- Prüfung von AuS-Ausrüstungen.

Zu diesen Schwerpunkten wurden 10 Vorträge gehalten. Sie sind im ETG-Fachbericht 86 veröffentlicht.

Die abschließende Podiumsdiskussion bot Gelegenheit für eine Bestandsaufnahme:

- AuS können nur dann akzeptiert und praktiziert werden, wenn eine ausreichende Personen- und Anlagensicherheit gewährleistet ist.
- „Arbeiten unter Spannung“ sind bei Einhaltung der Arbeitsanweisungen und Verwendung normgerechter, geprüfter Geräte und Ausrüstungen „dem Arbeiten im spannungsfreiem Zustand“ und dem „Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen“ nach VDE 0105-100 gleichwertig.
- Erprobte Verfahren und sichere Ausrüstungen sind auch in Deutschland verfügbar.
- Gut ausgerüstete und speziell ausgebildete Dienstleister stehen bereit.
- AuS-Dienstleistungen werden z. Z. zu ca. 70 % von Industrieunternehmen und zu ca. 30 % von Energieversorgungsunternehmen in Anspruch genommen.

Eberhard Engelmann

4.3 Weiterbildung

21./24.10.02 Dr. Löbl
Zustandsabhängige Instandhaltung und Infrarotdiagnose für
Verbindungen in der Elektroenergietechnik
München; veranstaltet vom Haus der Technik Essen

4.4 Mitarbeit in Gremien

Prof. Dr.-Ing. P. Schegner

- persönliches Mitglied FGH, VDE; IEEE
- Gleichstellungsbeauftragter der Fak. Elektrotechnik und Informationstechnik
- Mitglied des Vorstands der ETG
- Mitglied des VDE-Ausschusses „Ingenieurausbildung“
- Mitglied im CIGRE DAK SC B5

Prof. Dr.-Ing. habil. G. Winkler

- Arbeitsausschuss „Spannungsqualität“ des VDN Berlin
- Fachbereich 2 „Übertragung und Verteilung elektrischer Energie“ der Energietechnischen Gesellschaft im VDE
- Deutsches Komitee CIRED im Fachbereich 2 der Energietechnischen Gesellschaft im VDE
- Vorsitzender des Arbeitskreises „Netzurückwirkungen“ im VDE-Bezirksverein Dresden

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Pundt

- Vorsitzender VDE-Bezirksverein Dresden
- Gesellschaft von Freunden der TU Dresden

Doz. Dr.-Ing. H. Bauer

- Stellvertretender Obmann des DKE – K 122 „Isolationskoordination“
- VDE-Arbeitskreis „Sicherheits- und Unfallforschung“
- Vorsitzender des Arbeitskreises „Koordination der Isolation“ im VDE-Bezirksverein Dresden
- Gemeinschaftsarbeitskreis GAK 15 der DKE-K 952
- ITG – FA 5.5 „Prozessdatenübertragung“
- Persönliches Mitglied CIGRE, FGH, DEMVT

Dr.-Ing. K.-H. Freytag

- UK 221.1 „Schutz gegen elektrischen Schlag“ im Komitee 221 „Errichten von Starkstromanlagen bis 1000 V“
- Vorstandsmitglied im VDE-Bezirksverein Dresden
- Vorsitzender des Arbeitskreises „Starkstromanlagen bis 1000 V“ im VDE-Bezirksverein Dresden
- Mitglied des Konzils der TUD und des Fakultätsrates der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

Dr.-Ing. F. Mach

- Arbeitskreis „Hochspannungsschaltanlagen“ im VDE-Bezirksverein Dresden
- EMTP Usergroupe

Dr.-Ing. E. Engelmann

- Komitee 251 „Blitzschutzanlagen“ im DKE
- Fachbereich 2 „Übertragung und Verteilung elektrischer Energie“ der Energietechnischen Gesellschaft im VDE
- AK „Arbeiten unter Spannung“ des VDE Bezirksvereins Dresden

PD Dr.-Ing. habil. H. Löbl

- UK 121.2 „Mechanische und thermische Kurzschlußfestigkeit“ im DKE

5 Prüf-, Mess- und Labortechnik des Instituts

- Wechselspannungs-Prüfanlagen bis 1200 kV, 1200 kVA
- Stoßspannungs-Prüfanlagen bis 2400 kV, 120 kJ
- Gleichspannungs-Prüfanlagen bis 1200 kV
- Stoßstrom-Prüfanlage bis 70 kA
- Berechnungsanlagen für Regenprüfungen von Freiluft-Hochspannungs-isolierungen
- Transienten-Messsystem mit 100 MHz Abtastrate, 10 Bit-Auflösung
- Digitaloszilloskope bis 1 GHz
- E- und H-Feldmesssysteme bis 100 MHz Bandbreite
- breitbandige Teilentladungsmesstechnik für Spannungen bis 400 kV
- Störspannungsmesstechnik bis 30 MHz
- Messtechnik zur Ermittlung von Isolierstoffkennwerten (z. B. Verlustfaktor, Dielektrizitätszahl, Oberflächen- und Volumenwiderstand) nach IEC- und DIN VDE-Normen
- Prüf- und Messtechnik für Lebensdaueruntersuchungen an Isolierstoffen
- Hochstrom-Prüfanlagen bis 50 kA Stoßkurzschlussstrom, 15 kA Kurzzeitstrom und 10 kA Dauerstrom
- Prüf- und Messtechnik für Erwärmungsuntersuchungen an elektrotechnischen Betriebsmitteln (2x 5200 A; 1x 4000 A; 1x 2400 A; 1x 1700 A-Drehstrom)
- Prüf- und Messtechnik für Untersuchungen der Stromtragfähigkeit von Kontakten und Verbindungen (Messung der Verbindungskraft bei Strombelastung)
- Infrarotkamera Varioscanner 2011
- Prüf- und Messtechnik zur Untersuchung der mechanisch-dynamischen Beanspruchung elektrotechnischer Betriebsmittel
- Referenz-Messsysteme nach IEC 60060-2 für 500 kV Stoßspannung, 200 kV Wechselspannung und 125 kV Gleichspannung
- Kalibrator für elektrische Messmittel

- 20 Versuchsstände für Lehre und Forschung an der Professur Elektroenergieversorgung
- Dreiphasiges Dynamisches Netzmodell:

Zeitmaßstab	1 : 1
Spannungsmaßstab	1 : 500
Strommaßstab	1 : 20

Das Netzmodell besteht aus: Modellbausteine für 2 Turbogeneratoren je 63 MVA, 150 km 220-kV-Doppelleitung und drei Schaltstationen. Es ist ausgerüstet mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung SIMATIC S 400 für die Systemsteuerung und Betriebsmessung, mit digitalem Netzschutz und digitaler Stationsleittechnik.
- Netzgekoppelte Photovoltaikanlage:

Gr. 1	0,3 kW Poli-c, nachgeführt
Gr. 2	1,1 kW mono-c, 45° Süd
Gr. 3	1,1 kW mono-c, 40 ... 55° Süd

mit unterschiedlichen, selbst- und netzgeführten, Wechselrichtern sowie rechnergekoppelter Messtechnik für elektrische und meteorologische Daten
- Transientenrecorder:

Die wesentlichen technischen Daten sind:

14 isolierte Eingangskanäle; Abtastraten bis 100 kHz; Genauigkeit von 16 Bit; Speichertiefe von 1 GByte
- Vierkanalige Digitaloszilloskope mit Abtastraten bis 2 GS/s
- Batteriegespeiste B-Feld-Sonde für niederfrequente dreidimensionale Messungen 0 bis 10 kHz, in den Messbereichen 10 mT, 1 mT und 300 μ T, mit Auswertegerät für die digitale Abtastung und Speicherung (einschließlich Uhrzeit auf Diskette oder Memory-Card)
- Batteriegespeiste E-Feld-Sonde für niederfrequente eindimensionale Messungen 10 Hz bis 10 kHz in den Messbereichen 10; 1 und 0,1 kV/m mit Infrarot-Fernbedienung und digitaler Speicherung auf Memory-Card
- Versuchsstand für numerische Schutzgeräte mit Leitungsnachbildung und Fehlersimulation durch PC und dreikanaligen Leistungsverstärkern für Ströme und Spannungen
- Transportabler Prüfkoffer für die Prüfung von Schutzrelais
- Dreiphasiger Energiequalitätsanalysator für harmonische Analysen bis zur 99. Oberschwingung und Flickerbestimmung nach IEC 868 mit Steuerrechner zur Messwertspeicherung und Auswertung einschließlich Protokollerstellung
- Einphasiges Oberschwingungsmessgerät bis zur 50. Harmonischen mit statischen Auswerteverfahren und Protokolldrucker
- Burstgenerator 3 bis 8 kV

- ESD-Pistole 8 bzw. 15 kV
- Elektroenergiequalitätsanalysator TOPAS 1000 der Firma LEM zur Messung im Niederspannungs- und Mittelspannungsnetz. 8 galvanisch getrennte Eingangskanäle, serielle Schnittstelle, Ethernetanschluss und umfangreiche Auswertesoftware
- Optisches Impulsreflektometer Anritsu MW9070B zur Überprüfung der Qualität von Lichtwellenleiterverbindungen bis 100 km Länge
- Netzqualitätsanalysator mit Transientenfunktion Dewetron PNA 3000, 8 galvanisch getrennte Kanäle zur Spannungs-, Strom-, Leistungs-, Oberschwingungs-, Spektrum- und Flickeranalyse