

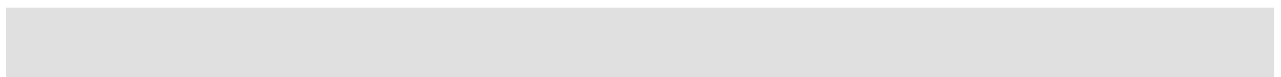
Jahresbericht 2007 - 2009



Mit freundlichen Grüßen überreicht von

Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz

Prof. Dr.-Ing. Klaus Pfeiffer



Kontakt:

*Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik
Walther-Pauer-Straße 5
D - 03046 Cottbus*

*Tel.: +49 (0355) 69 4502
Fax.: +49 (0355) 69 4039
Email: harald.schwarz@tu-cottbus.de*

Inhaltsverzeichnis

1.	CEBra – Centrum für Energietechnologie Brandenburg	6
1.1.	Das neue Netzforschungs- und Trainingszentrum an der BTU Cottbus Fehler! Textmarke nicht definiert.	
1.2.	Entwicklung eines internationalen Studienprogramms Energietechnik	7
1.3.	Inhaltliche Ausrichtung der Lehrstühle Energieverteilung und Hochspannungstechnik und Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik sowie der angegliederten Honorarprofessuren	9
2.	Personelle Besetzung.....	13
3.	Lehre.....	15
3.1.	Einbindung in das Studium	15
3.2.	Vorlesungen, Übungen, Praktika, Seminare.....	16
3.2.1.	Wintersemester	16
3.2.2.	Sommersemester	20
3.3.	Studien- und Diplomarbeiten; Bachelor- und Masterarbeiten; Dissertationen.....	23
3.4.	Netzwerk BTU Cottbus / Max-Steenbeck-Gymnasium	28
3.5.	EEEIC – Conference – eine Exkursion im Wandel	29
4.	Forschung.....	31
4.1.	Schwerpunkte am Lehrstuhl	31
4.2.	Projekte	32
4.2.1.	Komplexer Einsatz von Strombegrenzern im Kraftwerkseigenbedarfsnetz auf Basis der HTSL-Technik.....	32
4.2.2.	Einsatz von resistiven HTSL-Strombegrenzern im Eigenbedarf von Vattenfall-Neubaukraftwerken	32
4.2.3.	ENSYSTROB - Entwicklung eines neuartigen supraleitenden YBCO-Tape Strombegrenzers	33
4.2.4.	Untersuchung des Einflusses der zunehmenden dezentralen Erzeugung auf die Netzverluste eines Verteilnetzbetreibers	34
4.2.5.	Forschungs- und Trainingszentrum „Systemsicherheit Elektrischer Netze“	34
4.2.6.	Netzintegration Erneuerbarer Energien in Brandenburg	36
4.2.7.	Optimierung des elektrischen Eigenbedarfes und von Kabelanlagen	37
4.2.8.	Aufteilung der Spannungsbeanspruchung über den Unterbrechereinheiten eines Hochspannungs-Leistungsschalters ohne Steuerkondensatoren.....	37
4.2.9.	Langzeitverhalten von HighVoltage-Steckersystemen für die RF-Stationen des XFEL-Laser der DESY.....	38
4.2.10.	Überprüfung der Langzeitstabilität neuartiger optischer Strom- und Spannungswandler in den Verteilnetzen regionaler Energieversorger	41
5.	Prüf- und Messeinrichtungen	43
5.1.	Räumlichkeiten.....	43
5.2.	Wechselspannungsprüftechnik	43
5.3.	Wechselspannungsmesstechnik.....	43
5.4.	Wechselstrommess- und prüftechnik.....	44
5.5.	Gleichspannungsmess- und prüftechnik.....	44
5.6.	Stoßspannungsmess- und prüftechnik	44
5.7.	Klimakammer	44

5.8.	Optik-Labor	45
5.9.	Elektronik-Labor	45
5.10.	EMV-Labor	45
5.11.	Schutztechnik-Labor.....	46
5.12.	Wandlermessplatz	47
5.13.	Netzanalyse-Labor	47
5.14.	Software	47
6.	Projektpartner und Arbeitskontakte	48
7.	Publikationen	49
7.1.	Veröffentlichungen	49
7.2.	Vorträge	50
7.3.	Veranstaltungen	51
7.4.	Referenzen	52

Vorwort

Sehr geehrte Freunde der Lehrstühle Energieverteilung und Hochspannungstechnik und Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik,

mit großer Freude erlaube ich mir, Ihnen den Jahresbericht für die Jahre 2007, 2008 und 2009 zu überreichen.

Möglicherweise haben Sie bereits dem einleitenden Satz entnommen, dass wir nach Ablauf der Gastprofessur von Herrn Kollegen Bitsch, der nun als Honorarprofessor für Dezentrales Energiemanagement der BTU verbunden bleibt, die inhaltliche Ausrichtung dieser Professur etwas geändert haben. Ein Fokus bleibt natürlich weiter im Bereich der dezentralen Energiesysteme, fokussiert sich aber deutlicher auf elektrotechnische Fragestellungen und wurde um das Forschungsgebiet der Kraftwerkselektrotechnik ergänzt. Herr Prof. Klaus Pfeiffer als ehemaliger wissenschaftlicher Mitarbeiter meines Lehrstuhles hat dieses Gebiet nun ab April 2009 für 3 Jahre als Gastprofessor übernommen.

In den zurückliegenden Jahresberichten hatte ich Ihnen an diversen Stellen über die Aktivitäten des CEBra – Centrum für Energietechnologie Brandenburg berichtet, in dem die energietechnischen Forschungsaktivitäten von 15 Professuren der BTU gebündelt werden. Ziel dieser zentralen wissenschaftlichen Einrichtung ist es, die Energieforschung der BTU in der gesamten Breite und möglichst international bekannt zu machen. Inzwischen sind die Informationen von CEBra-Research im Internet unter www.tu-cottbus.de/cebra/ in fünf Sprachen (deutsch, englisch, spanisch, russisch, chinesisch) abrufbar. Ferner wird etwa 3-4 mal pro Jahr ein Newsletter zu aktuellen Energie-Forschungsprojekten per email in englisch und deutsch versandt. Falls Sie bislang nicht auf diesem Verteiler sind, die Unterlagen aber gerne erhalten möchten, senden Sie mit bitte eine email. Die bisher erschienen Newsletter können Sie auch unter der o.g. webpage abrufen. Sie finden auch eine neue Bildergalerie, die Ihnen einen Eindruck von Cottbus, der BTU und der BTU-Energietechnik geben soll.

Ich hoffe, dass dieser Jahresbericht Ihnen einen kleinen Eindruck der Aktivitäten des Lehrstuhles Energieverteilung und Hochspannungstechnik und des Lehrstuhls Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik im Rahmen des Centrum für Energietechnologie Brandenburg vermittelt.

Mit den besten Wünschen für die restlichen Monate des Jahres 2007, auch im Namen meiner Mitarbeiter, möchte ich deshalb schließen und verbleibe

Mit freundlichen Grüßen



Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz

1. CEBra – Centrum für Energietechnologie Brandenburg

1.1. Das neue Netzforschungs- und Trainingszentrum an der BTU Cottbus

In den Jahren 2006-08 hat die BTU für das Land Brandenburg eine sehr detaillierte Konzeption zur Netzintegration erneuerbarer Energie erstellt (download unter www.tu-cottbus.de/cebra). Im Auftrag des Wirtschaftsministeriums Brandenburg wurde diese Studie in enger Zusammenarbeit mit Vattenfall Europe Transmission, envia-Verteilnetz, e-on edis, Enertrag und Nawaro erstellt. Hierbei wurden notwendige Leitungsausbauszenarien genauso untersucht wie neuartige regenerative Erzeugungskonzepte in Hybridkraftwerken. Im Ergebnis dieser Zusammenarbeit hat Vattenfall Europe Transmission beschlossen, an der BTU Cottbus ein Netzforschungs- und Trainingszentrum mit dem Ziel aufzubauen, professionelle Training von Leitstellenpersonal durchzuführen. Dieses Training ist dabei so ausgerichtet, dass bis zu zehn miteinander verbundene Netzbetreiber mit 2-4 Leitstellenmitarbeitern zeitgleich die Beherrschung von kritischen Netzsituationen üben können. Um hier realistische Übungsszenarien anbieten zu können, mussten zwei wesentliche Probleme gelöst werden. Zum einen musste die Rechengeschwindigkeit der verwendeten Netzberechnungsprogramme dramatisch erhöht werden. Während früher Netze mit bis zu 50.000 Knoten in Minuten berechnet wurden, ist dies durch erhebliche Verbesserung von KEMA-IEV in deren Software inzwischen in Sekunden möglich. Damit erfolgt die Antwort des Systems auf Schalthandlungen der Übenden quasi sofort und erzeugt ein deutliches Realitätsgefühl. Damit ergab sich automatisch das zweite zu lösende Problem. Bei derart kurzen Reaktionszeiten des Systems ist es für den Übenden wichtig, in der Übungsleitwarte eine Darstellung auf den Rechnern vorzufinden, die dem entspricht, was er von seiner eigenen Leitwarte kennt. Da dies in der Regel immer unterschiedlich ist, wurden durch die Fa. BTC entsprechende Oberflächen im System konfiguriert. Die BTU hat die Arbeiten mit bis zu 4 Mitarbeitern in den Jahren 2008 und 2009 unterstützt.



1.2. Entwicklung eines internationalen Studienprogramms Energietechnik

An der BTU werden energietechnische Studienprogramme in deutscher Sprache in folgenden Ausrichtungen angeboten:

- Elektrotechnik Diplom - Energiesysteme und dezentrale Energieversorgung
- Netzleittechnik
- Elektrotechnik Bachelor - Elektrische Energietechnik
- Elektrotechnik Master - Energiesysteme und dezentrale Energieversorgung
- Netzleittechnik
- Maschinenbau Master - Energietechnik
- Wirtschaftsingenieur Dipl. - Energieversorgung
- Kraftwerkstechnik

In dieses deutschsprachige Vorlesungsangebot hinein wurde beginnend ab 2005 ein zusätzliches englischsprachiges Vorlesungsangebot hineinentwickelt werden. Planungsidee dabei war, ein Joint MSc Programme in Electrical Power Engineering zusammen mit 2-3 europäischen Partneruniversitäten zu entwickeln. Einer der Treiber dafür war das zu dieser Zeit aufkommende europäischen Stipendiensystem ERASMUS MUNDUS. Beginnend mit den Partnern in Cardiff und Wroclaw wurde eine Bewerbung zu Erasmus Mundus 2005 eingereicht und der Studiengang zum WS 2005/06 gestartet. Zwar kam unser Antrag in Brüssel unter die letzten 10%, wurde aber aufgrund der Fülle der Anträge schussendlich nicht ausgewählt. Dies führte bereits zu ersten Ausscheren von Partneruniversitäten. Im Folgejahr wurde mit Poznan und Graz ein erneuter Antrag bei Erasmus Mundus, leider auch ohne Erfolg eingereicht. Auch hier verließen diverse Partner wieder das Konsortium.

Anfang 2007 beschloss die BTU das Joint-MSc Programme zu beenden und zum WS 2007/08 mit einem eigenen MSc Power Engineering zu starten. Dieser wurde dann auch auf 3 Studienrichtungen ausgeweitet und beinhaltet neben Electrical Power Engineering nun auch Power Plant Technology und Sustainable Energy Supply.

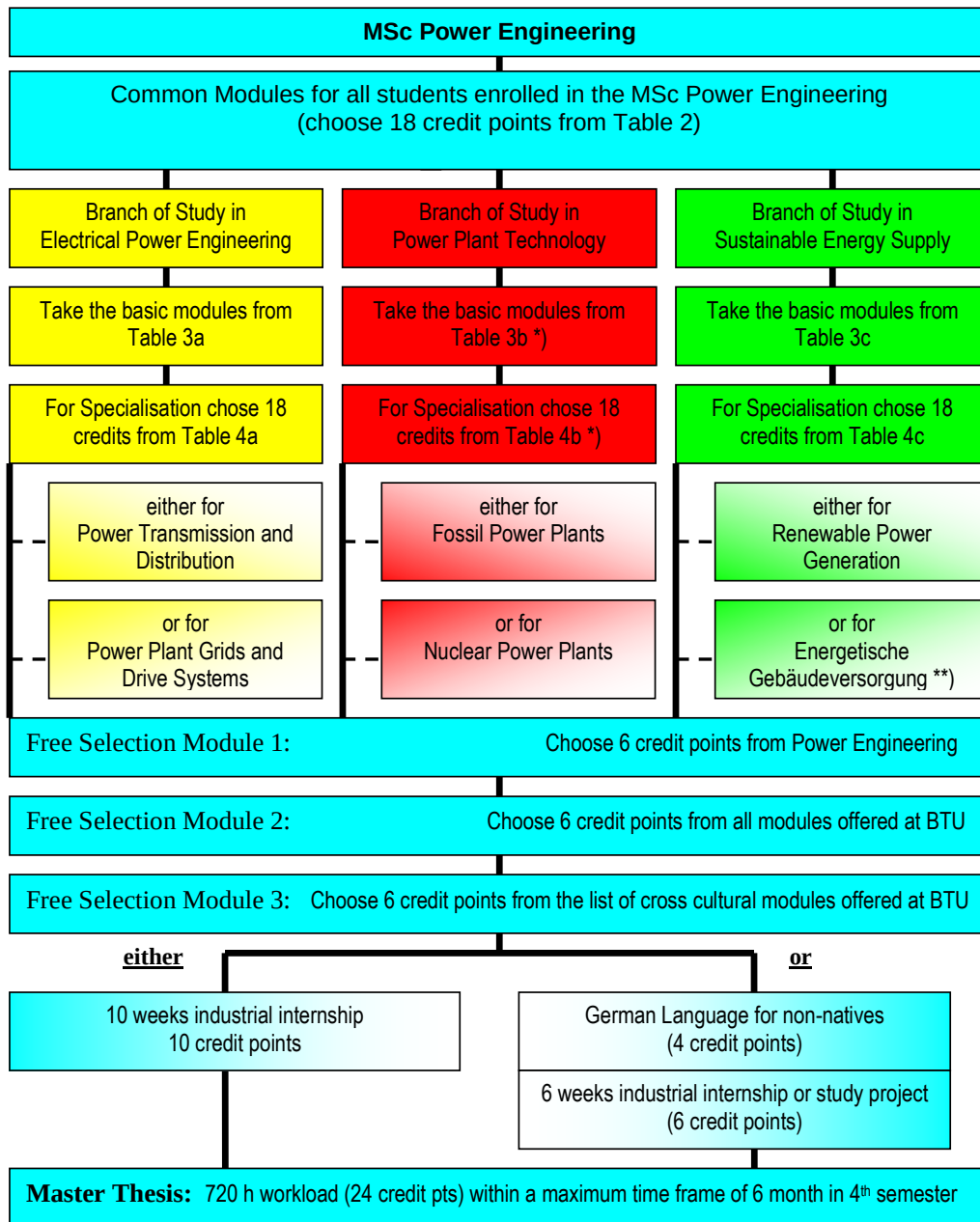
Dieses Studienangebot hat sich inzwischen sehr gut entwickelt, wie die nachfolgenden Zahlen belegen:

	WS 07/08	WS 08/09	WS 09/10
Bewerbungen	30	55	140
Zulassungen	20	40	75
Einschreibungen	11	23	40

Um dieses Programm, das zu 35 % vom externen Lehrenden aus der Industrie gestaltet wird auch international zu vernetzen, wurden zwei globale Netzwerke etabliert. Das eine zielt auf internationale Universitätskooperationen mit den Ziel bilaterale Dual Degrees zu etablieren – das andere bindet internationale Firmen mit einem Stipendiensystem an den Studiengang.

In den Jahren 2007-08 wurden Kooperationen mit China (Tsinghua University, Zhejiang University, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai Electric Power University), Taiwan (National Cheng Kung University), Südafrika (Stellenbosch University, University of Witwatersrand) und Brasilien (University of Sao Paulo, Paulista State University, University of Minas Gerais) aufgebaut. Im Jahr 2009 wurden die Kontakte von CEBra Research durch zwei neue Partner in Russland erweitert. Verträge über die Kooperation in Forschung und Lehre wurden mit der St. Petersburg State Polytechnical Uni-

versity und der Obninsk State Technical University of Nuclear Power Engineering abgeschlossen, die den Austausch von wissenschaftlichen Kenntnissen und Erfahrungen zwischen deutschen und internationalen Studierenden fördern sollen.



*) additional modules available in German Language

**) modules only available in German Language

Im Oktober 2009 wurde das erste Dual Degree Programm zwischen MSc „Power Engineering“ an der BTU Cottbus und MSc „Electrical Engineering“ an der Nationalen Cheng Kung Universität (NCKU) in Taiwan gestartet. Dieses Programm ermöglicht den Studierenden, das erste Studienjahr an der BTU Cottbus und das zweite Jahr an der NCKU zu verbringen. Am Ende des Studiums werden die Zeugnisse beider Universitäten vergeben. Die Vorbereitungen zu weiteren Dual Degree Programmen mit chinesischen und russischen Universitäten laufen seit März 2009.

CEBra Research hat sein globales Netz auch durch betriebliche Kooperationen erweitert. Zusätzlich zu bereits existierenden Stipendien (SIEMENS China, ESKOM Süd Afrika, DB, SIEMENS Deutschland) werden seit 2009 noch zwei Stipendien von SIEMENS Indien für ausgewählte indischen Studenten, die MSc „Power Engineering“ and der BTU Cottbus studieren, vergeben.

1.3. Inhaltliche Ausrichtung der Lehrstühle Energieverteilung und Hochspannungstechnik und Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik sowie der angegliederten Honorarprofessuren

Lehrstuhl für Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Der Lehrstuhl für „Energieverteilung und Hochspannungstechnik“ erhielt den Status einer Eckprofessur in der Fakultät und deckt weiterhin die gesamte Breite der hochspannungstechnischen Geräte, Anlagen und Netze sowie den Bereich der elektromagnetischen Verträglichkeit in der Energietechnik und in einigen Anwendungen in der Verkehrstechnik ab.

Die Aktivitäten im Gebiet der Hochspannungsgeräte waren weiter geprägt durch die konsequente Fortentwicklung der Arbeiten im Bereich der optischen Sensorik. In einem bis Mitte 2008 gelaufenen Projekt ist die Fertigstellung der laufenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, der Bau von Versuchsmustern und die Erprobung dieser Versuchsmuster im 110 kV Netz eines polnischen (ENEA) und deutschen ENVIA-M) Regionalversorgers geschehen.

Hinzu kamen neue Forschungsaktivitäten im Bereich der Hochspannungs-Leistungsschalter zusammen mit dem Siemens Schaltwerk Berlin. Hier wurden diverse grundlegende Arbeiten zur Spannungsverteilung über den Schaltstrecken, zu alternativen Materialien für Einschaltwiderstände und zu Schaltvorgängen bei ausbleibenden Nulldurchgängen.

Da sich die Unterfinanzierung der BTU inzwischen sehr deutlich in der Verfügbarkeit wissenschaftlichen Personales in den Fakultäten auswirkt, mussten die Forschungsaktivitäten im Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit sehr stark zurückgefahren werden.

Das verfügbare Personal wurde in den Jahren 2007-09 im Bereich der Netzplanung schwerpunktmäßig für die Erstellung der Studie zur Netzintegration Erneuerbarer Energien im Land Brandenburg eingesetzt. Zusammen mit den Lehrstühlen Energiewirtschaft und Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik, aus dem 2009 der Lehrstuhl Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik hervorging wurden von 2006-2008 insgesamt 12 Mannjahre Bearbeiterkapazität für diese Studie eingesetzt. Als ein Ergebnis dieser Studie hat Vattenfall Europe Transmission beschlossen, an der BTU Cottbus ein äußerst leistungsstarkes Netzforschungs- und Trainingszentrum aufzubauen, welchen Ende 2009 in Betrieb genommen wurde und in dessen Aufbau auch ein Großteil der verfügbaren Personalressourcen des Lehrstuhles flossen.

In Ergänzung zu den Aktivitäten im Bereich der Netzintegration mit Schwerpunkt „Windenergie“ wurden beginnend ab Anfang 2009 auch Aktivitäten im Bereich der innerstädtischen Photovoltaik bzw. der Elektromobilität aufgebaut. Neben einer umfangreichen Konzeptstudie für die Stadt Cottbus wurde auch mit dem Aufbau einer Versuchsanlage im Bereich PV, Batteriespeicherung, Elektromobilität begonnen.

Lehrstuhl für Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik

Dieser Lehrstuhl wurde als Gastprofessur zum April 2009 eingerichtet und mit Herrn Prof. K. Pfeiffer besetzt.

Im Bereich der Lehre ist eine der Hauptaufgaben dieses Lehrstuhls die Absicherung eines umfassenden englischsprachigen Lehrangebotes für den internationalen Masterstudiengang „Power Engineering“. Derzeit werden sechs Lehrveranstaltungen angeboten, die das Spektrum der Energieversorgung mit Erneuerbaren Energien, die Grundlagen der Elektrischen Energietechnik im Bereich der Mittel- und Niederspannungstechnik und die Kraftwerkselektrotechnik abdecken.

Die wissenschaftliche Ausrichtung des Lehrstuhls ist eng mit den Aufgabenstellungen verbunden, die sich durch die Integration der aus Erneuerbaren Energien erzeugten Elektroenergie in Netze der öffentlichen Energieversorgung ergeben. In den vergangenen Jahren ist die installierte Leistung dieser Erzeugereinheiten weiter stark angestiegen. Leistungsprognosen zeigen, dass dieser Trend, gefördert durch die entsprechenden politischen Rahmenbedingungen, unverändert anhalten wird. Aufgrund der teilweise stark fluktuierenden und überwiegend nicht bedarfsgerechten Leistungsdarbietung dieser Erzeuger ergeben sich neue Anforderungen an eine sichere und effiziente Elektroenergieversorgung. Daraus folgen Aufgaben, die von der technisch und marktwirtschaftlich nachhaltigen Wechselwirkung mit der konventionellen Erzeugung und der Übertragung und Verteilung bestimmt werden. Zukünftige Energiesysteme müssen unter den vorgenannten Bedingungen weiterhin sicher und effizient betrieben werden können. Deshalb sind die Planung, Gestaltung und Auslegung der Energiesysteme unter Berücksichtigung einer weiterhin hohen Versorgungszuverlässigkeit vorrangig.

Am Lehrstuhl Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik werden deshalb Arbeiten in den folgenden Gebieten schwerpunktmäßig durchgeführt:

- Energieerzeugung aus Erneuerbaren Energien und deren Netzeinspeisung

Einen Forschungsschwerpunkt stellen Erneuerbare-Energien-Kraftwerke dar. Wesentliche Gesichtspunkte sind hierbei Untersuchungen zu den internen Netzen der Erneuerbare-Energien-Kraftwerke und zu deren Betrieb im System der Übertragungs- und Verteilungsnetze. Dabei geht es vorrangig um die Ermittlung der Anforderungen an das Betriebsverhalten von Erneuerbare-Energien-Kraftwerke im Normalbetrieb, bei kritischen Netzsituationen sowie auch im Fehlerfall, wobei die Themenkomplexe Blindleistungshaushalt, Spannungshaltung und Verlustminimierung im Vordergrund stehen. Derartige Untersuchungen sollen ebenfalls unter Nutzung der Möglichkeiten des Forschungs- und Trainingszentrums „Systemicherheit Elektrischer Netze“ an der BTU Cottbus durchgeführt werden.

Weiterhin besteht Untersuchungsbedarf zu Anforderungen an die Regelbarkeit der Erneuerbare-Energien-Kraftwerke und zu netzverträglicheren Einspeiseformen in die öffentlichen Energieversorgungsnetze unter Berücksichtigung von Zwischenspeichern. Dieser Aspekt berührt auch gesamtwirtschaftliche Fragestellungen und bietet mehrere Berührungspunkte mit der Energiewirtschaft.

- Netzeinspeisungen und Eigenbedarfsanlagen konventioneller Kraftwerke

Ein wesentlicher Arbeitsschwerpunkt sind Untersuchungen zur Auslegung von zukünftigen Kraftwerksblöcken bei Anschluss an Netze mit hoher fluktuierender Windeinspeisung. Konventionelle Kraftwerke sind heutzutage dynamischeren Fahrweisen und Belastungen unterworfen als in den vergangenen Jahrzehnten. Deshalb ist es erforderlich, Anpassungen an den Anforderungskatalog von Neubaukraftwerken bezüglich der dynamischen Fahrweise vorzunehmen, um die durch Erneuerbare Energiequellen bedingten Fluktuationen auszugleichen und die technisch erforderliche Balance von Erzeugung und Verbrauch im Elektroenergiesystem auch weiterhin aufrecht zu erhalten. Um diese Anforderungen formulieren zu können, wird an einem umfassenden Simulationsmodell gearbeitet.

Ein fester Bestandteil im Aufgabenprofil des Lehrstuhls sind auch die „klassischen“ Themen im elektrischen Kraftwerkseigenbedarf. Hierzu zählen insbesondere die Auslegung der Eigenbedarfsversorgung, die beanspruchungsgerechte Dimensionierung der Schaltanlagen und Betriebsmittel, eine optimierte Kabelauswahl sowie spezielle Probleme der Schutztechnik. Darüber hinaus wird die langjährige Arbeit auf dem Gebiet der Kurzschlussstrombegrenzung im Kraftwerkseigenbedarf, aus der ein Feldtestprojekt mit einem HTSL-Kurzschlussstrombegrenzer in Zusammenarbeit mit Vattenfall Europe Generation und Nexans SuperConductors entstanden ist, fortgesetzt.

Honorarprofessur für Mittel- und Niederspannungstechnik

Die Honorarprofessur ist organisatorisch dem Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik zugeordnet.

Das Fachgebiet umfasst Netze der industriellen und öffentlichen Elektroenergieversorgung sowie die zugehörigen Betriebsmittel und Schaltanlagen. Die Studierenden sollen befähigt werden, Netze und Schaltanlagen für hohe Versorgungszuverlässigkeit bei minimalen Kosten zu planen und zu betreiben. Dazu werden Grundsätze und Einflussgrößen der Grundsatzplanung, der Projektierung und des Netz- und Anlagenbetriebes vermittelt. Folgende Themenkomplexe werden vertreten:

Auslegungsberechnungen

- Ermittlung der Beanspruchungsparameter (Maximale Kurzschlussströme, Störlichtbogenbeanspruchung, thermisch wirksamer Kurzschluss)
- Bemessungsgrößen von Betriebsmitteln und Schaltanlagen (Transformatoren, Leistungsschalter, Wandler, Kabel, Sicherungen Schaltanlagen)
- Sternpunktbehandlung
- Schutzkonzeption (Minimale Kurzschlussströme, Selektivitätsarten, Auslöserauswahl)
- Sinnvolle Anwendung der vorhandenen Netzberechnungs- und Planungssoftware; Entwicklung neuer Software

Kabelauswahl

Durch zusätzliche Einbeziehung von

- Abnehmercharakteristiken
- Schaltgeräten
- Selektivitätsforderungen

Gestaltung von Mittel- und Niederspannungsschaltanlagen

- Auswahl der Betriebsmittel
- Konstruktive Gestaltung
- Personen- und Anlagenschutz

Einsatz von neuen Strombegrenzungseinrichtungen

- Auswirkungen auf Dimensionierung der Betriebsmittel und Schaltanlagen sowie auf Selektivschutz und Netzbetrieb
- Konzeptionen angepasster Versorgungsstrukturen
- Gestaltungsmöglichkeiten neuer Schaltanlagen generationen
- Neue Schutz- und Steuerungskonzepte

Honorarprofessur für Schutz- und Leittechnik

Die Honorarprofessur ist organisatorisch dem Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik zugeordnet.

Im Rahmen der Vorlesungen "Power Automation" wird Studenten der elektrischen Energietechnik, aber auch anderer Studienschwerpunkte die Gelegenheit gegeben, ihre Kenntnisse auf dem Gebiet des Schutzes elektrischer Übertragungs- und Verteilungsnetze zu vertiefen. Die Blockvorlesung im Wintersemester umfasst die folgenden Themengebiete:

- Basisanforderungen: Selektivität, Redundanz, Genauigkeit, Geschwindigkeit
- Schutzprinzipien: Überstromzeitschutz, Distanzschutz, Differentialschutz sowie weitere Prinzipien
- Einfluss der Netzstrukturen auf die Schutzkonzepte
- Algorithmen zur digitalen Erfassung von Strom- und Spannungsamplituden sowie von Impedanzen
- Schutzkonzepte für Leitungen, Transformatoren, Sammelschienen und Maschinen einschließlich der technischen Realisierung
- Einfluss der Netzsternpunktbehandlung auf die Schutzkonzepte
- Prinzipien zur selektiven Einstellung von Schutzgeräten
- Hardwareanforderungen
- Kommunikation in Schaltanlagen

Diese Themen spannen einen Bogen von der traditionellen Energietechnik, die beispielsweise Kurzschlussvorgänge mit symmetrischen Komponenten berechnet, über Algorithmen digitaler Messtechnik inklusive hardwaremäßiger Realisierung bis hin zu Kommunikationslösungen zur Anwendung im Bereich von Schaltanlagen. Die Schutztechnik elektrischer Netze wird damit sowohl aus Herstellersicht (Algorithmen, Messtechnik) wie auch aus Anwendersicht (Schutzkonzepte, Einstellung von Schutzgeräten) beleuchtet.

Im Sommersemester werden diese Themen in Workshopform vertieft. Hier steht die Anwendersicht im Vordergrund. Es werden Schutzkonzepte für spezielle Netzsituationen betrachtet und es wird intensiv auf die Berechnung der Schutzeinstellungen („Staffelplanerstellung“) eingegangen. Obwohl sich die Grundprinzipien der Schutztechnik in den vergangenen Jahrzehnten nicht wesentlich verändert haben, wird eine netzweite optimale Einstellung der Schutzgeräte zunehmend schwieriger, aber auch wichtiger: Einspeisungen regenerativer Energien sowie intensiver Energiehandel führen dazu, dass die Netze nicht immer unter den Bedingungen betrieben werden, für die sie geplant wurden, und dass sie näher am Limit betrieben werden. Dies erfordert innovative Lösungen bei der Schutztechnik.

Beide Veranstaltungen gehören zum Studienangebot für den englischsprachigen Masterstudiengang und finden deshalb in englischer Sprache statt.

Verantwortlich für dieses Gebiet ist Herr Prof. Dr.-Ing. Siegfried Lemmer, Siemens AG Nürnberg. Herr Prof. Lemmer hat als Leiter des Produktmanagements Schutztechnik der Siemens AG und als Mitglied nationaler und internationaler Gremien langjährige Erfahrung in seinem Gebiet. Er ist damit in der Lage, dieses Fachgebiet theoretisch fundiert und praxisnah zu vermitteln.

2. Personelle Besetzung

Leitung:

Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz

Leitung des Lehrstuhls
Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Klaus Pfeiffer

Leitung des Lehrstuhls
Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerks-
elektrotechnik (seit 04/2009)

Honorarprofessoren

Prof. Dr.-Ing. Günter Pfeiffer
Prof. Dr.-Ing. Siegfried Lemmer
Prof. Dr.-Ing. Rainer Bitsch

Lehrbeauftragte

Prof. Dr.-Ing. Heinz-H. Schramm
Dr.-Ing. Wolfgang Hauschild
Dr.-Ing. Przemyslaw Janik
Dr.-Ing. Gunnar Löhning (seit 2008)
Dipl.-Ing. Johann Pohany

Sekretariat

Marika Scholz

Wissenschaftliche Mitarbeiter Hochspannungsgeräte

Dipl.-Ing. Dirk Lehmann
Dipl.-Ing. Artur Napierala

Wissenschaftliche Mitarbeiter Optische Sensorik

Dr.-Ing. Holger Borowiak (bis 2007)
Dipl.-Ing. Maik Honscha
Dipl.-Ing. (FH) Alexander Feige

Wissenschaftliche Mitarbeiter EMV

Dr.-Ing. Gunnar Löhning (bis 2007)

Wissenschaftliche Mitarbeiter Netzanalyse

Dipl.-Ing. Martin Ruge
Dipl.-Ing. Stefan Fenske

Wissenschaftliche Mitarbeiter Netztrainingszentrum

Dipl.-Ing. Marcel Schneider
Dipl.-Ing. André Lehmann

Wissenschaftliche Mitarbeiter Dezentrale Energiesysteme

Dr.-Ing. Georg Gjardy (bis 2008)
Dipl.-Ing. Lars Roskoden (bis 2008)

Wissenschaftliche Mitarbeiter CEBra Research

Iryna Shalaginova M.A.

Dipl.-Ing. Tobias Porsinger

Technische Mitarbeiter:

Dipl.-Ing. (FH) Holger Häusler

Laboringenieur

Dipl.-Ing. (FH) Lothar Kleinod

Techniker

Karl-Heinz Kleinschmidt

Elektriker

Studentische und Wissenschaftliche Hilfskräfte

Ying Shaoqing (bis 2008)

Victor Kalimbach

Kathleen Stornowski

Stefan Harms

Iryna Shalaginova (bis 2008)

Hua Chansheng

Henry Schulze

Manuel Glau

Marcel Schneider (bis 2008)

Bastian Garnetz

Paloma Posada Ortiz

Anke Fröbel

Matthias Peglau

Ronny Fritz (bis 2008)

Stefan Löbel

Daria Pawlaczek

André Lehmann (bis 2008)

Martin Ruge (bis 2008)

Stefan Kuschka

Gregor Klausch

Christian Knerndek

Xoese Nanewortor

Cosmas Eluagu

Thomas Müller

Xiaolei Zhu

Theresa Müller

Alexander Unger

3. Lehre

3.1. Einbindung in das Studium

Der Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik sowie die Honorarprofessur Mittel- und Niederspannungstechnik sind mit ihrem Lehrdeputat teilweise oder ganz in folgende deutschsprachige Studiengänge eingebunden:

- Wirtschaftsingenieurwesen (Diplom) / SR Energieversorgung
- Elektrotechnik (Diplom) / SR Energiesysteme und dezentrale Energieversorgung
- Elektrotechnik (Diplom) / SR Netzleittechnik mit Vertiefung in Energienetzen
- Elektrotechnik (Diplom) / SR Automatisierungstechnik und Antriebssysteme
- Elektrotechnik (BSc) / SR Elektrische Energietechnik
- Elektrotechnik (MSc) / SR Energiesysteme und dezentrale Energieversorgung
- Elektrotechnik (MSc) / SR Netzleittechnik mit Vertiefung in Energienetzen
- Elektrotechnik (MSc) / SR Automatisierungstechnik und Antriebssysteme

Ferner wird ein englischsprachiger Masterstudiengang

- MSc Power Engineering

angeboten. In diesen Studiengang fließt das gesamte Lehrdeputat des Lehrstuhles Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik sowie der Honorarprofessuren für Schutz- und Leittechnik bzw. Dezentrales Energiemanagement ein. Auch der LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik erbringt $\frac{1}{4}$ seines Lehrdeputates in englischer Sprache im MSc Power Engineering.

Der MSc Power Engineering ging 2007 aus dem zum WS 2005/06 erstmals gestarteten Joint-MSc Electrical Power Engineering hervor. Zum damaligen Zeitpunkt musste an der BTU konstatiert werden, dass ein Joint-Master System, in dem die einzelnen Partneruniversitäten aufgrund eines aufeinander aufbauenden Curriculums in einer definierten Reihenfolge aufeinander folgen mussten, im praktischen Betrieb nicht realisierbar ist. Da in regelmäßigen Abständen Partneruniversitäten aus den Verträgen zum Joint Degree austraten und in langwierigen Prozeduren neue Partner eingebunden werden mussten, beschloss die BTU Anfang 2007 das Joint-MSc Programme zu beenden und zum WS 2007/08 mit einem eigenen MSc Power Engineering zu starten. Dieser wurde dann auch auf 3 Studienrichtungen ausgeweitet und beinhaltet neben Electrical Power Engineering nun auch Power Plant Technology und Sustainable Energy Supply.

Um auch dieses Studienangebot, dass inzwischen sehr gut angenommen wird, international zu vernetzen, wurden zwei globale Netzwerke etabliert. Das eine zielt auf internationale Universitätskooperationen mit den Ziel bilaterale Dual Degrees zu etablieren – das andere bindet internationale Firmen mit einem Stipendiensystem an den Studiengang.

Darüber hinaus sind die Lehrstühle Energieverteilung und Hochspannungstechnik sowie Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik auch in den Wahlpflichtbereich des internationalen Studiengang Environmental and Ressource Management integriert.

3.2. Vorlesungen, Übungen, Praktika, Seminare

3.2.1. Wintersemester

LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Grundzüge der elektrischen Energie- und Antriebstechnik 1

Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung
3. Semester – VL/UE 3 SWS

Die Studenten beherrschen nach dem Teil 1 die Grundkenntnisse zu Primärressourcen, Wandlung, Transport und Anwendung elektrischer Energie mit speziellem Blick auf Primärenergieverbrauch, Struktur und Technik des Kraftwerkparks, Lastgänge, Speicherbarkeit, regenerative Einspeisungen, Übertragungs- und Verteilnetze, Endenergieverbrauch, elektrotechnisches Rechnen in dreiphasigen Netzen, Grundlagen energietechnischer Geräte und Anlagen

Schwarz, D. Lehmann

Hochspannungstechnik und Isolierstoffe

Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung
5. Semester - VL/UE 4 SWS

Die Studenten verfügen über vertiefte Kenntnisse in der Hochspannungstechnik sowie den Hochspannungsisolierstoffe und haben ein breites Verständnis für elektrische Felder und Durchschlagsvorgänge in technischen Isolierstoffen entwickelt mit speziellem Blick auf Elektrische Feldstärke, Raumladungen, Grenzflächen, Schichtdielektrika, Gasentladung, Durchschlagsmechanismen in Gasen, Feststoffen und Flüssigkeiten, Herstellung und Materialparameter technischer Isoliergase, flüssige und feste Isolierstoffe

Schwarz, D. Lehmann

Planung von Energieübertragungsnetzen

Studiengang Elektrotechnik, 5. oder 7. Semester, Wirtschaftsingenieurwesen Energieversorgung - VL/UE 4SWS

Die Studenten verstehen die betriebstechnischen und planerischen Zusammenhänge in Energieübertragungsnetzen und können die entsprechenden Rechentechniken anwenden mit speziellem Blick auf Verbundnetz, Lastfluss, Längs- und Querregelung, Blindleistungsbereitstellung, FACTS, Oberschwingungen, Flicker, symmetrischer und asymmetrischer Kurzschluss, Sternpunktbehandlung, Erdung, Stabilität, Hochspannungs-Gleichstromübertragung, Bahnstromversorgung

Schwarz, D. Lehmann

Mittel- und Niederspannungstechnik I

Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung
Hauptstudium - VL 2SWS

Die Studenten erhalten die Berechnungs- Planungs- und Betriebsgrundlagen von Mittel- und Niederspannungsnetzen, -anlagen und -geräten mit speziellem Blick auf Beanspruchungen von Betriebsmitteln und Schaltanlagen in der öffentlichen und industriellen Energieversorgung, Es werden die Auslegungsberechnungen und Konzepte für den Selektivschutz behandelt.

G. Pfeiffer, Schwarz

Introduction in Electrical Power Systems

Master of science Power Engineering - VL 1 SWS

Students will get a basic understanding in electrical power engineering with special reflection on the situation during normal or fault operation with special reflection on basics in single phase and three phase systems, conventional power plants, generators, transformers, operation under normal and fault conditions, overvoltages

Die Veranstaltung ist als Einstiegsveranstaltung in diesem englischsprachigen Studiengang für die Studenten gedacht, die ihre energietechnischen Grundkenntnisse aus vorangegangenen Bachelorstudiengängen auffrischen wollen.

Schwarz

EMC in Electrical Power Systems

Master of science Power Engineering - VL/PR 1/2 SWS

Students will get a deeper understanding of possible interferences in power systems and will be able to design a EMC compatible layout in large scale power installations and systems with special respect to electromagnetic environment (high frequency impulse fields, lightning impulse overvoltages, switching impulses, low and medium frequency interferences), EMC design criteria (protection against direct lightning stroke, potential grounding, screening, overvoltage protection, filters), EMC system planning (zone concept, interface definition) EMC measuring and testing technique

Schwarz, Honscha

Power Automation I

Master of science Power Engineering
Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung
Hauptstudium - VL 2SWS

Students will get a basic understanding of protection systems in electrical power networks with special respect to electronic basics of protection engineering, requirements, algorithms, hard ware concepts, new technologies of protection devices

Lemmer, Schwarz

EU-East Expansion and Intercultural Competence Teil1

Master of science Power Engineering

Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung

Hauptstudium – SE/EX 2SWS

Die Studenten entwickeln in interkulturelles Verständnis für Osteuropa und erhalten durch die energietechnische Exkursion in Deutschland oder Polen einen breiten Einblick in die Arbeitswelt in beiden Ländern

Die Veranstaltungsreihe beginnt mit einem Seminar in englischer Sprache zu interkultureller Kompetenz (2 SWS) im Wintersemester. Zu Beginn des Sommersemesters findet ein Grundkurs (ca. 30 h) in polnischer Sprache statt. Im Sommersemester findet dann eine deutsch-polnische Studentenexkursion (Dauer 7 Tage) mit der Besichtigung technischer und kultureller Highlights in Polen oder Deutschland statt (Exkursionssprache ist englisch, deutsch, polnisch). Die Veranstaltung ist im Rahmen des fachübergreifenden Studiums anerkannt.

Schwarz, D. Lehmann

LS Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik

Renewable Generation and Storage of Electrical Energy

Master of science Power Engineering

2 SWS Vorlesung; 1 SWS Übung

Students will get an introduction into different technologies of utilization of renewable energies for generation of electrical energy (hydro power, wind power, photovoltaic, solar-thermal power plants, geothermal power plants, tidal power plants) as well as storage of electrical energy in pumped-hydro plants and CAES-plants (availability, efficiencies and ranges of power output of existing and prospective plants, physical basics, overview about the resources and accessible potentials, problems of grid integration in case of fluctuating power generation).

K. Pfeiffer

Electrical Distribution Systems 1

Master of science Power Engineering

2 SWS Vorlesung; 1 SWS Übung

The focus of this lecture is on design, parameters and rating of equipment in M.V.- and L.V.-level (transformers, switchgears, substations, cables, overhead lines, switching devices). Furthermore the students will get the basics of symmetrical fault calculation and the calculation of relevant stress parameters to the equipment.

K. Pfeiffer

Electrical Engineering in Power Plants 2

Master of science Power Engineering
2 SWS Vorlesung; 1 SWS Übung

Students will get a deeper understanding in active and reactive power control of generators, frequency control, static and dynamic stability, generator protection, change over concepts, problems of direct starting-up drives of large capacity, selective protection in auxiliary networks.

K. Pfeiffer

Basics in Energy Information Systems

Master of science Power Engineering - VL 2 SWS

Students will get a first basic understanding of the structure- und process optimized information systems in the energy sector with special respect to structures and processes in the energy supply, information requirements, basic data and data exchange, data models, company wide integration, communication, automation, office integration, standard architecture, CIM-data model etc., functional moduls, architecture und workflow

Pohany, Schwarz

Decentralized Energiy Management I

Master of science Power Engineering - VL 2 SWS

Energy economic aspects, consumption, resources, new energy scenarios and concepts; decentralized energy supply in developing, emerging and industrialized countries; liberalization in industrialized countries .

Bitsch

Sommersemester

LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Hochspannungsgeräte und Schaltanlagen

Studiengang Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung - VL/UE 4 SWS

Die Studenten verfügen über vertiefte Kenntnisse zu elektrischen Betriebsmittel und Schaltanlagen in Hochspannungsübertragungs- und –verteilnetzen mit speziellem Blick auf Transformatoren, Kabel, Freileitungen, Leistungs- und Trennschalter, Strom- und Spannungswandler, Ableiter, Schaltanlagenkonzepte für GIS und AIS, Blitzschutz, Erdung

Schwarz, D. Lehmann

Schutz von Energieübertragungsnetzen

Studiengang Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwesen SR Energieversorgung - VL/UE 4 SWS

Die Studenten verfügen über ein vertieftes Verständnis zum analogen und digitalen Schutz von Hochspannungsnetzen mit speziellem Blick auf Wandler, Überstromzeitschutz, Distanzschutz, Differentialschutz, Trafoschutz, Sammelschienen- und Anlagenschutz, Erdschlussschutz, digitale Schutzrelais, Schutzprüfung

Schwarz, Honscha

Mittel- und Niederspannungstechnik II

Fortsetzung der VL „Mittel- und Niederspannungstechnik I“ aus dem Wintersemester mit Inhalten Kabelauswahl, Gestaltung von Schaltanlagen (Auswahl von Schaltgeräten, Personen- und Anlagenschutz, Projektbeispiele) sowie Konzepte für neue Gestaltungsmöglichkeiten (Kurzschlussstrombegrenzung).

G. Pfeiffer, Schwarz

EU East Expansion and Intercultural Competence Teil 2

Fortsetzung der gleichnamigen Veranstaltung aus dem Wintersemester mit Durchführung der einwöchigen deutsch-polnischen Studentenexkursion entweder in Polen oder Deutschland

Schwarz, D. Lehmann

Einführung in das Hochspannungslabor

Interessierten Studenten und Schülern wird eine 1-2 stündige Einführung mit kleineren Experimenten in die Hochspannungslabore der BTU gegeben. Weitere Informationen, Termine und Anmeldungen am LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik, LG 3A.

Schwarz, D. Lehmann

Einführung in die elektrische Energieversorgung

Interessierten Studenten, die nicht Elektrotechnik oder WI-Ing-Energieversorgung studieren sowie Schülern wird eine ca. 3-4 stündige Einführung in die wesentlichen Zusammenhänge der elektrischen Energieversorgung gegeben. Das Seminar ist als Rechnerübung mit Vortragsteil aufgebaut. Weitere Informationen, Termine und Anmeldungen am LS EVH, LG 3A.

Schwarz, D. Lehmann

HV Measuring and Testing Technique

Master of science Power Engineering - VL/PR 2/2 SWS

Students will get a detailed knowledge in measuring and testing circuits and equipment with special respect to high voltage applications and will practise their knowledge in several high voltage lab experiments with special respect to AC, DC and impulse generators with Marx-generator or transformers, oscillating impulse generation, EMP- and cable generators, high current sources, resistive or capacitive dividers, response time, band width, earth capacitance, measuring cables, digital and analog oscilloscopes, rogowski-coils, hall-sensors, shunts, optical voltage and current sensors, dielectric measurements, partial discharge detection

Hauschild, Schwarz, Honscha

Power Automation II

Master of science Power Engineering - VL 2 SWS

Students will get a deeper understanding of power network protection systems and will be able to design own basic layouts with special respect to protection concepts, device engineering, settings, communication, requirements, algorithms, hard ware concepts, new technologies

Lemmer, Schwarz

LS Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektronik

Electrical Distribution Systems 2

Master of science Power Engineering
2 SWS Vorlesung; 2 SWS Übung

Students will get the basics in grid calculation (symmetrical and asymmetrical three-phase system, transformation methods with focus on symmetrical components, neutral point treatment, symmetrical impedances and equivalent circuits, calculation of asymmetrical fault currents).

K. Pfeiffer

Grid Calculation with Decentralized Generation

Master of science Power Engineering
2 SWS Vorlesung; 2 SWS Übung

The focus of this lecture is on methods of calculation for short-circuit currents and power flow (nodal voltage method, mesh-current method). This includes an overview about software solutions in the field of grid calculation and diverse exercises for manual calculations for given grid layouts.

K. Pfeiffer

Energy Information Systems II

Master of science Power Engineering - VL 2 SWS

Students will get a more deeper knowledge in the structure- und process optimized information systems in the energy sector (Continuation of Lecture Basics in Information Systems) with special respect to Structures and processes in the energy supply, information requirements, basic data and data exchange, data models, company wide integration, communication, automation, office integration, standard architecture, CIM-data model etc., functional moduls, architecture und workflow (Continuation of Lecture Basics in Information Systems)

Pohany, Schwarz

Electrical Engineering in Power Plants 1

Master of science Power Engineering
2 SWS Vorlesung; 1 SWS Übung

Students will get an overview about auxiliary networks in power plants (requirements, basic layout, redundancy concepts, voltage levels and rating depending on power plant type and generator capacity, DC power supply and uninterruptible power supply concepts, emergency generators, M.V. and L.V. switchgears in auxiliary networks including transformers, drives, adjustment drives).

K. Pfeiffer

Decentralized Energy Management

Master of science Power Engineering
2 SWS Vorlesung; 1 SWS Übung

Energy/component mix of relevant sources/RES-DG technologies, storage systems and loads with relevant characteristics, system integration and optimization by Decentralized Energy Management, Large Scale Virtual Power Plant and gridtopological clustering, LSV CHP-Unit in a municipal grid, integration of large off shore wind farms and market oriented operation of RES/DG.

Bitsch

3.3. Studien- und Diplomarbeiten; Bachelor- und Masterarbeiten; Dissertationen

Studienarbeiten

- Sebastian Harms *„Der Erdwiderstand und Erdstrom im Fehlerfall“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungs-
technik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing.
D. Lehmann
- Marcel Schneider *„Konzeptplanung für die Messung und Steuerung eines Ver-
suchsaufbaus zur Untersuchung von LTTs als Erdungsschalter“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungs-
technik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing.
D. Lehmann
- André Lehmann *„Untersuchung eines lichtgesteuerten Thyristors, im Einsatz als
Erdungsschalter, zur Entladung einer Kondensatorbank“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungs-
technik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing.
D. Lehmann
- Mathias Raabe *„Systematisierung und Beschreibung des Verhaltens am Netz
der verschiedenen Typen von Windkraftanlagen“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungs-
technik durch Herrn Dr. Pfeiffer
- Ronny Fritz *„Betriebliche und organisatorische Einbindung von
Windenergieeinspeisung in das deutsche Elektrizitätsversor-
gungssystem“*
betreut bei Vattenfall Europe Generation durch Herrn Dipl.-Ing.
D. Haake sowie Herrn Dr. T. Krüger und am Lehrstuhl Energie-
verteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Dr. Pfeiffer
- Matthias Haake *„Einsatzmöglichkeiten einer Photovoltaikanlage zur Elektro-
energieversorgung eines neu zu errichtenden Lehrgebäudes“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungs-
technik durch Herrn Dr. Pfeiffer
- Melanie Scheibe *„VDN – Störungsstatistik – Ein Beitrag zur Zusammenführung
der Fehler, Fehlerorte und resultierenden Schäden in Mittel-
spannungsnetzen der alten und neuen Bundesländer“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungs-
technik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing.
D. Lehmann
- Kathleen Stornowski *„Marktchancen eines Trockeneisreinigungsverfahrens für das
Reinigen unter Spannung stehender Betriebsmittel“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungs-
technik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing.
D. Lehmann

- Daria Pawlaczek *„Connecting remote large-scale Offshore Wind Farms to the grid with Voltage-Sourced Converter HVDC (VSC-HVDC) with focus on HVDC Power Link Universal System (HVDC PLUS)“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Stefan Löbel *„Das lastflussbasierte Auktionsverfahren – Ein Beitrag zur Anwendung und Einführung in der Region Central East Europe“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Sebastian Schneider *„Modularisierung von Betriebsmittel für die Kurzschlussberechnung in symmetrischen Komponenten“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Thomas Müller *„Planung einer SPS Steuerung für das Gleichspannungsprüfsystem MICAFIL GGV 1800“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Häusler und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Stephan Choschick *„Technischer und wirtschaftlicher Vergleich verschiedener Technologien der elektrischen Speicherung“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. Porsinger

- Rulan Tang *„Feldrechnungen zur Optimierung des Temperaturverhaltens eines Spannungswandlers mit verteilt optischer Messung der elektrischen Feldstärke“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. Honscha

Bachelorarbeiten

- Han Bao *“Elaboration of Practical Training for Students in the subject High-Voltage Engineering and Insulation Materials”*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. Honscha in Kooperation mit der USST Shanghai 2008

- Jingyi Zhang *„Elaboration of Practical Training for Students in the subject “High-Voltage Testing and Measuring Techniques“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. Honscha in Kooperation mit der USST Shanghai 2008

- Xiaolei Zhu *“Elaboration of Practical Training for Students in the subject EMC in Power Systems”*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. Honscha in Kooperation mit der USST Shanghai 2008

- Oliver Kühn *„Modellierung eines lichtgesteuerten Thyristors zur Entladung einer Kondensatorbank in eine Hochspannungsquelle“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Anke Fröbel *„A laboratory model of the fault arc in switchgears“*
Betreut an der TU Wroclaw, Institut für Elektroenergietechnik durch Dr. hab. inż. Antoni Klajn und am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Nguyen Quy Ha *„Systematisierung der Netzanschlussmöglichkeiten von Photovoltaikanlagen im innerstädtischen Bereich“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Dr. Pfeiffer

- Hong Huang *„Considerations for Requirements of a Climatic Chamber“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. Honscha

- Sijun Ma *“Ökologische und Energetische Betrachtung zu Biomassekraftwerken”*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. Honscha

- Xudan Liu *“Considerations for Requirements of a Pollution Layer Laboratory”*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. Honscha

Diplomarbeiten

- Martin Ruge *„Analyse und rechentechnische Simulation des komplexen Zusammenwirkens von Windeinspeisung, Kraftwerkseinspeisung und Lasten im Elektroenergieversorgungssystem“*
betreut bei Vattenfall Europe Generation durch Herrn Dipl.-Ing. D. Haake sowie Herrn Dr. T. Krüger und am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Dr. Pfeiffer

- Sebastian Harms *„Auswahl, Dimensionierung und Planung von Erdungsanlagen am Beispiel eines Umspannwerkes“*
Betreut bei AREVA Berlin durch Herrn Dipl.-Ing. Erfurth und am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- André Lehmann *„Systematische Untersuchung des Schaltverhaltens von lichtgesteuerten Thyristoren, zur Ermittlung ihrer Grenzparameter für die Notabschaltung von Klystren“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Marcel Schneider *„Systematische Untersuchung des Schaltverhaltens von lichtgesteuerten Thyristoren, zur Ermittlung ihrer Grenzparameter für die Notabschaltung von Klystren“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Sebastian Schneider *„Methode zur Stabilisierung eines Sammelschienenschutzes bei Stromwandlerbeeinflussung“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz, Herrn Dipl.-Ing. Funk und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Kathleen Stornowski *„VDN – Störungsstatistik – Ein Beitrag zur Zusammenführung der Fehler, Fehlerorte und resultierenden Schäden in Hoch- und Höchstspannungsnetzen der alten und neuen Bundesländer“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Lars Karge *„Leistungsanalyse von fluktuierenden Einspeisungen am Beispiel einer Windkraftanlage“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Thomas Müller *„Bau, Softwareerstellung und Inbetriebnahme einer SPS-Steuerung für das Gleichspannungsprüfsystem MICAFIL GGV 1800“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Häusler und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Yongqing Wang *„Störungsstatistik – Ein Beitrag zu Fehler, Fehlerorte und resultierenden Schäden in den Hoch- und Höchstspannungsnetzen Chinas“*
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Prof. Schwarz und Herrn Dipl.-Ing. D. Lehmann

- Ronny Fritz *„Modellkonzepte für die Nachbildung von kohlebefeuelten Großkraftwerken sowie die Umsetzung in ein rechentechnisches Simulationstool“*
betreut bei Vattenfall Europe Generation durch Herrn Dipl.-Ing. Haake sowie Herrn Dr. Krüger und am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Dr. Pfeiffer

Masterarbeiten

- Aghuinyue Esaindang Umenei „*Power reliability and fault limiting in decentralized distribution networks*“
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Dr. Pfeiffer
- Ying Shaoqing „*Nutzung von Solarenergie in Plug-in Hybridfahrzeugen*“
betreut am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik durch Herrn Dipl.-Ing. Honscha
- Alexander Muschter „*Untersuchungen zur Realisierung von Photovoltaik-Großanlagen am Beispiel eines Modellprojektes*“
betreut am Lehrstuhl Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik durch Herrn Prof. Pfeiffer
- Henrique Alcalde Melo „*PV integration in Kerkennah islands*“
betreut bei ISET Kassel durch Herrn Dr. Vandenberg und am Lehrstuhl Dezentrale Energiesysteme und Kraftwerkselektrotechnik durch Herrn Prof. Pfeiffer

Dissertationen

- Matthias Müller-Mienack „*Wirkleistungsferntransport – Ein ganzheitlicher Lösungsansatz zu den neuen Anforderungen an das elektrische Übertragungssystem*“
BTU Cottbus, 06. November 2007
Vorsitzender der Prüfungskommission: Prof. Dr.-Ing. G. Pfeiffer
Erster Gutachter: Prof. Dr.-Ing. H. Schwarz
Zweiter Gutachter: Prof. Dr.-Ing. R. Bitsch

3.4. Netzwerk BTU Cottbus / Max-Steenbeck-Gymnasium

Lothar Kleinod

Die Betreuung von Schülern des mathematisch-technisch orientierten Max-Steenbeck-Gymnasiums in Cottbus im Rahmen eines Universitätspraktikums wurde in diesem Jahr weitergeführt und ausgebaut. Gruppen von Schülern absolvierten ein vierzehntägiges Praktikum und anschließend einmal pro Monat einen Projekttag an verschiedenen Lehrstühlen der BTU Cottbus. Am Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik steht neben einem Themenkomplex zur Solartechnik in diesem Jahr ein zusätzliches, neuartiges Projekt an. Unter Betreuung machen sich die Schüler mit der Vorlesung „Grundzüge der Energietechnik“ vertraut. Aus den Inhalten dieser Vorlesung wird dabei schrittweise ein „Fernlernkurs Energietechnik“ für Schüler der Gymnasien Brandenburgs aufgebaut. So werden ausgewählte Kapitel der Vorlesung mit den Schülern besprochen und in deren eigener Regie mit Erklärungen untersetzt und mit Beispielen angereichert. So entsteht eine CD in Bild und Ton, die überdies zum Abschluss jedes Kapitels einen Multiple-Choice Test zur Überprüfung der eigenen Leistung anbietet. Nach der Fertigstellung dieses Lehrmediums sollen die Schüler nach selbstständigem Durcharbeiten des Fernlernkurses in der Lage sein, Kenntnisse für ein späteres Studium an der BTU zu sammeln und bereits im Vorfeld anrechenbare Leistungen an der BTU zu erbringen.



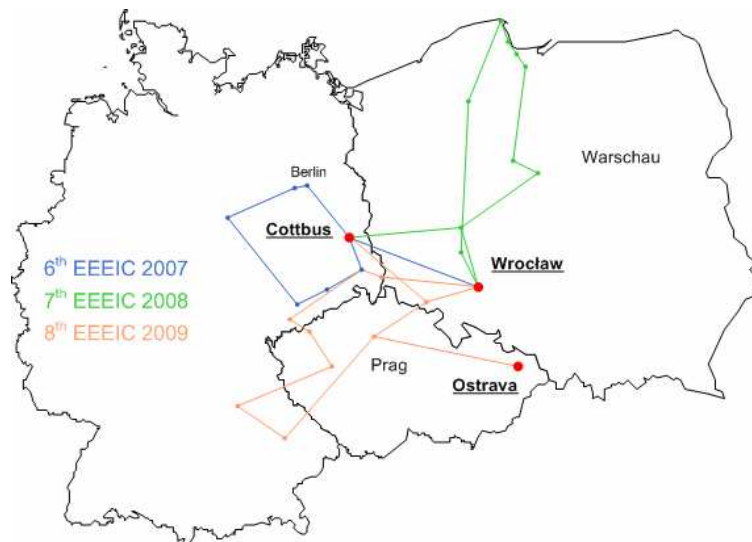
Projekttag mit Schülern des M.-Steenbeck-Gymnasiums

In Form von Kurzvorträgen und Projektarbeiten tragen die Schüler halbjährlich eine Zusammenfassung ihrer Arbeiten vor, die als Leistung bewertet wird.

3.5. EEEIC – Conference – eine Exkursion im Wandel

Przemysław Janik, Zbigniew Leonowicz, Harald Schwarz, Dirk Lehmann

In den Jahren 2007 und 2008 fanden die deutsch-polnischen Studentenexkursionen im Rahmen des Moduls „EU East Expansion and Intercultural Competence“ (kurz EEEIC) durch Deutschland und Polen ihre Fortführung.



Aufbauend auf die langjährige Kooperation zwischen dem Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik der BTU Cottbus und dem Department of Electrical Engineering der Wroclaw University of Technology entstand 2008 die Idee zur Ausweitung zu einem (studentischen) Kongress.

Zielstellung ist hierbei, die Studenten an die Erarbeitung und Präsentation von wissenschaftlichen Beiträgen vor einem internationalen Publikum heranzuführen. Thematischer Schwerpunkt liegt hierbei auf energiepolitische und energietechnische Entwicklungen in der deutsch-polnischen und seit 2009 tschechischen Grenzregion.

Erstmalig präsentierten 2008 die Studenten in Workshops ihre im Wintersemester bearbeiteten Projekte, die seither in einem entsprechenden Konferenzband der Fachwelt zugänglich gemacht werden.



2009 wurde mit viel Arrangement der Wroclaw University of Technology der (erste studentische) Kongress als Auftakt der studentischen Rundreise in Karpacz (polnisches Riesengebirge) vorbereitet und durchgeführt.

Industrie- und Kulturstädte wie Prag, Regensburg, Nürnberg, Pilsen, Karlsbad, Dresden und Görlitz waren sehenswerte Höhepunkte, bei denen Unternehmen wie die Maschinenfabrik Reinhausen, das Transformatorenwerk der Siemens AG oder die historische Innenstädte von Prag und Dresden besichtigt wurden.

Als Ausblick steht nunmehr der 9. Kongress mitten in der Vorbereitung und wird uns, beginnend in Prag, durch die Tschechische Republik führen.

Nähere Angaben zum wissenschaftlichen Kongress finden Sie unter www.eeeic.eu.

4. Forschung

4.1. Schwerpunkte am Lehrstuhl

Die Forschung im Bereich der Energieverteilung und Hochspannungstechnik konzentriert sich in den letzten Jahren auf

1. den Schwerpunkt „Netzintegration erneuerbarer Energien“. Neben der großen Netzstudie für das Land Brandenburg, die im Auftrag des Wirtschaftsministeriums zusammen mit Vattenfall Europe Transmission, envia Verteilnetz, e-on edis, enertrag und Nawaro in den Jahren 2006-2008 erarbeitet wurde, lag ab 2008 der Fokus auf dem Aufbau eines Netzforschungs- und Trainingszentrums, das gemeinsam von Vattenfall Europe Transmission, BTC, KEMA-IEV an der BTU errichtet wurde.
2. den Schwerpunkt „Optische Sensorik“, in dem neue Verfahren zur optischen Messung von hohen Spannungen bzw. hohen Strömen auf hohem Potential in der elektrischen Energietechnik erforscht, entwickelt und im Feldversuch an entsprechenden Versuchsmustern erprobt werden.
3. den Schwerpunkt „Hochspannungsleistungsschalter“. Gemeinsam mit Siemens Schaltwerk Berlin wurde eine Forschergruppe mit maßgeblicher Unterstützung von Prof. Schramm etabliert, die grundlegende Fragestellungen zur kapazitiven Spannungsverteilung an Schaltstrecken von Leistungsschaltern, zu alternativen Materialien für Steuerwiderstände und zur Problematik ausbleibender Nulldurchgänge untersucht.
4. den Schwerpunkt „Kraftwerkseigenbedarfsnetze“, in dem neben zahlreiche Analysen und Konzeptstudien zur zukünftigen Ausgestaltung dieses Bereiches bei Kraftwerksneubauten aus umfangreiche Arbeiten zum Einsatz hochtemperatur-supraleitender Strombegrenzer durchgeführt werden.

4.2. Projekte

4.2.1. Komplexer Einsatz von Strombegrenzern im Kraftwerkseigenbedarfsnetz auf Basis der HTSL-Technik

Martin Ruge

Im Rahmen des Forschungsprojektes „InnoProfile“ wird bis zum Jahr 2013 an der BTU Cottbus an der Entwicklung von Verfahren und Konzepten für zukünftige „CO₂-arme Kraftwerke“ gearbeitet. Der Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik bearbeitet in diesem Zusammenhang das Arbeitspaket „Komplexer Einsatz von Strombegrenzern im Kraftwerkseigenbedarfsnetz auf Basis der HTSL-Technik“. Durch den Einsatz einer Kurzschlussstrombegrenzung sollen Kosteneinsparpotentiale erschlossen werden, da Anlagen und Betriebsmittel geringeren thermischen und dynamischen Belastungen ausgesetzt sind.

Ziel der Untersuchung ist die Auswirkung der Verwendung von HTSL-Strombegrenzern auf die Struktur des Kraftwerkseigenbedarfes und der dazugehörigen Betriebsregime zu ermitteln und entsprechende Lösungsvorschläge zu entwickeln bzw. Schlussfolgerungen für künftige Eigenbedarfsnetze abzuleiten. Mit der Bearbeitung des Arbeitspaketes wurde im Januar 2009 begonnen. Es beinhaltet die folgenden drei Bearbeitungsschwerpunkte:

1. Modellierung des Kurzschlussstrombegrenzers und Modellrechnung
2. Neue Schutzkonzepte in Verbindung mit neuer Schaltanlagengeneration
3. Neue Eigenbedarfskonzepte

Um die Auswirkungen des Einsatzes von HTSL-Strombegrenzern an verschiedenen Einsatzorten im Kraftwerkseigenbedarfsnetz mit Hilfe eines Netzberechnungsprogramms ermitteln zu können, ist es notwendig, eine modelltechnische Nachbildung des Begrenzers zu entwickeln. Im Rahmen des ersten Bearbeitungsschwerpunktes wurde dazu ein Modell, mit dem das elektrische und thermische Verhalten abgebildet werden kann, entworfen und in der Netzberechnungssoftware PowerFactory implementiert.

Mit Hilfe von Messprotokollen einer Leistungsprüfung eines realen HTSL-Strombegrenzers wurde das Verhalten des Simulationsmodells getestet und eine gute Übereinstimmung ermittelt.

Im weiteren Verlauf des ersten Bearbeitungsschwerpunktes wird nun das Verhalten des Strombegrenzermodells bei subtransienten und quasistationären Motoranlaufvorgängen untersucht, da diese zu einem ungewollten Quenchen des HTSL-Strombegrenzers führen können.

4.2.2. Einsatz von resistiven HTSL-Strombegrenzern im Eigenbedarf von Vattenfall-Neubaukraftwerken

Klaus Pfeiffer

Aufbauend auf den in den vergangenen Jahren durchgeführten Grundlagenuntersuchungen zum Einsatz von resistiven hochtemperatur-supraleitenden Kurzschlussstrombegrenzern (HTSL-Strombegrenzer) wurden die Arbeiten zur Vorbereitung eines Feldversuches fortgesetzt (siehe Jahresbericht 2006, Abschnitt 4.3.4). Die Arbeiten werden im Auftrag von Vattenfall Europe Generation AG durchgeführt und betreffen die technische Konzeption des Projektes.

Nachdem in den letzten Jahren Lastenheft und Schutzkonzeption ausgearbeitet und entsprechend den Einsatzbedingungen angepasst worden sind, wurde die Einsatzvorbereitung weiter begleitet.

Der Prototyp des HTSL-Strombegrenzers wurde durch Nexans SuperConductors entsprechend der vorgegebenen Spezifizierung gefertigt. Im Juni 2009 erfolgten die Hochspannungs- und Kurzschlussprüfungen im IPH Berlin, die erfolgreich bestanden wurden.

Der Prototyp wird Ende 2009 im Kraftwerk Boxberg in der Einspeisung einer 10-kV-Unterverteilung für einen einjährigen Feldversuch in Betrieb genommen.

4.2.3. ENSYSTROB - Entwicklung eines neuartigen supraleitenden YBCO-Tape Strombegrenzers

Klaus Pfeiffer, Martin Ruge

In Fortführung der Untersuchungen zum Einsatz von resistiven HTSL-Strombegrenzern im Eigenbedarf von Vattenfall-Neubaubaukraftwerken, arbeitet die BTU Cottbus gemeinsam mit den Projektpartnern Nexans SuperConductors, dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), der Vattenfall Europe Generation AG und der TU Dortmund (TUDo) an der Entwicklung eines HTSL-Strombegrenzers der zweiten Generation mit.

Im Gegensatz zu HTSL-Strombegrenzern der ersten Generation besteht die neue Generation aus supraleitenden YBCO-Bandleitern. Durch den Einsatz des neuen Materials werden Verbesserungen der physikalischen Eigenschaften des Begrenzers und eine Reduzierung der Betriebskosten im Vergleich zum bisher verwendeten BSSCO-Massivmaterial erwartet.

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Prototyps und dessen Erprobung in einem Feldtest. Dazu werden durch die Projektpartner folgende Arbeitspaket bearbeitet:

1. Spezifikation des Begrenzers (BTU, Nexans)
2. Simulation der Komponente (Nexans, KIT, TUDo)
3. Komponentenentwicklung (Nexans, KIT)
4. Charakterisierung und Test (Nexans, KIT)
5. Konstruktion und Aufbau der Komponenten, Systemmontage und Belastungstest (Nexans)
6. Netzintegration und Feldtest (BTU, Vattenfall, Nexans)

Im Rahmen der Erprobung ist vorgesehen, den Einbauort und die vorhandene Infrastruktur des ab Januar 2010 im Kraftwerk Boxberg in Erprobung befindlichen, aus Massivmaterial bestehenden, HTSL-Strombegrenzers weiter zu verwenden. Der Einsatz der vorhandenen Infrastruktur wird es ermöglichen die beiden Begrenzer-Generationen unter identischen Einsatzbedingungen zu testen und unter technischen als auch wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu vergleichen.

4.2.4. Untersuchung des Einflusses der zunehmenden dezentralen Erzeugung auf die Netzverluste eines Verteilnetzbetreibers

Klaus Pfeiffer, Stefan Fenske

In diesem Projekt wurde der Einfluss von dezentralen Erzeugern auf die Netz- und Transformatorverluste in Hoch- und Mittelspannungsnetzen untersucht. Dazu wurden jeweils von realen Netzkonfigurationen abgeleitete Modellnetze aufgestellt. Um den fluktuierenden Einspeisecharakter von Windenergieanlagen und PV-Anlagen zu erfassen sowie die zeitliche Korrelation von dezentraler Einspeisung und Last berücksichtigen zu können, sind dynamische Lastflussberechnungen für einen Betrachtungszeitraum von einem Jahr durchgeführt worden. Die verwendeten Ganglinien für Einspeiser und Lasten wurden realen Messreihen nachempfunden bzw. sind synthetisch generiert worden.

Im betrachteten allgemeingültigen Hochspannungsnetz wird die Tendenz einer starken Zunahme von direkt installierter Windenergieleistung sehr gut abgebildet. Dadurch bedingt ist eine deutliche Erhöhung der Arbeitsverluste in den Übertragungsleitungen. Ursache hierfür ist die vermehrte Rückspeisung von zu Schwachlastzeiten eingespeister Windenergie. Obwohl die exakte Verlustermittlung von der jeweiligen Netzkonfiguration, den Summenleistungen von Windenergieeinspeisung und Last, deren räumlichen Verteilung im Netz sowie den Einspeise- und Lastprofilen abhängen, kann allgemein festgestellt werden, dass bei der vorliegenden Entwicklung der Windenergieeinspeisung mit einer durchgehenden Erhöhung der Netzverluste zu rechnen ist.

Ebenso werden die Transformatorverluste der HS/MS-Transformatoren tendenziell steigen. Eine Verringerung der Transformatorverluste ist nur bei stark (durch die Netzlast) belasteten Transformatoren zu erwarten, da hier die am selben Transformator angeschlossene dezentrale Einspeisung vermehrt zur Lastabdeckung beitragen könnte, was insgesamt zu einer Entlastung des Transformators führt. Da jedoch die Netzbelastung überwiegend gering ist, steigen die Transformatorverluste aufgrund der steigenden Rückspeisung in das Hochspannungsnetz.

In der Mittelspannungsebene wurde zwischen Netzen in städtischen und ländlichen Gebieten unterschieden. Als dezentrale Erzeuger wurden hier neben Windenergieanlagen (nur in ländlichen Netzen) auch Blockheizkraftwerke und Photovoltaikanlagen berücksichtigt. Mit den zum Zeitpunkt der Bearbeitung vorherrschenden Leistungsgrößen von dezentralen Erzeugern und deren relativ geringen Anzahl konnte eine Verringerung der Netzverluste festgestellt werden. Selbst eine deutliche Erhöhung der installierten dezentralen Erzeugerleistung führte zu einer positiven Beeinflussung der Netzverluste.

Die Verluste der MS/NS-Transformatoren verhalten sich analog zu den Verlusten der HS/MS-Transformatoren. Es ergibt sich wiederum, dass eine Verringerung der Transformatorverluste bei stark belasteten Transformatoren eintritt, wenn die dezentrale Einspeiseleistung größer wird. In der Realität ist die Belastung der Mittelspannungsnetze jedoch schon gering und wird insbesondere im ländlichen Bereich tendenziell noch weiter sinken. Das Projekt wurde im März 2008 abgeschlossen. Unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Tendenzen eines weiteren massiven Ausbaus der Photovoltaik bietet sich eine Fortsetzung der Untersuchungen in den Mittelspannungsnetzen sowie eine Ausdehnung auf Niederspannungsnetze an.

4.2.5. Forschungs- und Trainingszentrum „Systemsicherheit Elektrischer Netze“

Dirk Lehmann, Klaus Pfeiffer, André Lehmann, Marcel Schneider

Die ständig ansteigende installierte Leistung von Windenergieanlagen mit ihrem stochastischen Einspeiseverhalten verändert die Anforderungen an den Betrieb der elektrischen Energieversorgungssysteme. Darüber hinaus werden die Netze bei Starkwindsituationen sowie durch die stetig zunehmenden europaweiten Handelsgeschäfte zunehmend an ih-

ren Auslastungsgrenzen betrieben. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten kritischer Situationen.

Die Beherrschung solcher Betriebszustände und die Gewährleistung der Systemsicherheit erfordert ein gut ausgebildetes Personal. Das Training des operativen Personals unter Einsatz eines Trainingssimulators mit einer betriebsrealistischen Prozesssimulation ist die effektivste Möglichkeit, das Personal der Leitstellen für die Erkennung und Beherrschung stabilitätsgefährdender Ereignisse zu schulen. Vattenfall Europe Transmission als Übertragungsnetzbetreiber hat deshalb die Initiative für die Errichtung eines Forschungs- und Trainingszentrums „Systemsicherheit Elektrischer Netze“ ergriffen, in dem das operative Personal von Übertragungs- und Verteilungsnetzbetreibern aus- und weitergebildet werden kann (Netz- und Systemausbildung).

Dieses Zentrum ist an der BTU Cottbus angesiedelt. Die technische Realisierung erfolgt durch

- BTC AG (Leitsystemssimulation) und
- KEMA IEV (modulares Berechnungssystem).

Die Konfiguration umfasst 9 Trainingsplätze, an denen gleichzeitig das Personal verschiedener Netzbetreiber bzw. Betriebsführer von Kraftwerken gemeinsam trainieren kann, wodurch das Training unter realitätsnahen Bedingungen stattfindet und die Kommunikation zwischen den Leitstellen und deren Koordination in Störungssimulationen trainiert wird. Weiterhin sind drei Trainerplätze vorgesehen, die Zugriff und Einblick auf das gesamte Netzmodell haben und somit die Trainingssitzungen überwachen bzw. steuern.

Das technische Konzept des Systemsimulators, der die komplexen Zusammenhänge zwischen Erzeugung, Übertragung und Netzlasten umfassend abbildet, ermöglicht weiterhin die Nutzung und Einbeziehung in die universitäre Lehre und Forschung. Schwerpunktmäßig ist hier die Bearbeitung von Forschungsaufgaben in den Bereichen

- Netzvorgänge,
- anforderungsgerechter Netzausbau,
- Betriebsführung und Systembetriebsplanung von elektrischen Energieversorgungsnetzen

zu nennen.

Ausstattung und Umfang eingepflegter Daten

- 3 Trainerplätze,
- 9 durch Trennwände abgegrenzte Schülerplätze mit je 2 Terminals (1 PC mit 4 Monitoren),
- Bereich für Vorträge und theoretischen Unterricht, Schulungen und Auswertung der Trainingseinheiten,
- Serverschränke mit Datenbank-, Online- und EMS-Server,
- Beschallungstechnik,
- interne Telekommunikationsanlage (1 Telefon je Terminal).

Derzeit ist das Übertragungsnetz (380/220 kV) von Vattenfall Europe Transmission eingepflegt.

Das Netzmodell für die Berechnungen wurde zunächst automatisiert durch die BTC AG aus gelieferten Daten von Vattenfall Europe Transmission gewonnen und mit zusätzlicher

Unterstützung von Mitarbeitern von Vattenfall Europe Transmission, KEMA IEV, BTC und BTU nachbereitet und ergänzt.

Derzeit sind ca. 400 Leittechnikbilder (121 Umspannwerke, 137 Leitungsbilder, 125 Transformatoren, diverse Übersichtsbilder) erstellt worden. Diese Leittechnikbilder entsprechen in Aussehen und Funktionalität den Bildern der Leitwarte von Vattenfall Europe Transmission.

Das Datenmodell beinhaltet unter anderem:

- 5395 Meldungen (Leistungsschalter, Trennschalter),
- 5617 Messwerte (U, I, P, Q u.a.),
- 2216 Felder (Leistungsabgänge an den Sammelschienen),
- 1166 Zweige und 634 Knoten.

Das System ist modular aufgebaut, die Netze weiterer Netzbetreiber können somit im System integriert werden.

4.2.6. Netzintegration Erneuerbarer Energien in Brandenburg

Projektgruppe BTU Cottbus

beteiligte Lehrstühle:

Energieverteilung und Hochspannungstechnik

Energiewirtschaft

Dezentrale Energiesysteme und Speichertechnik

Die Liberalisierung der Energiemärkte, die sich weiter entwickelnden Regulierungsmaßnahmen und die Förderung Erneuerbarer Energien stellen die Elektroenergieversorgung künftig vor große Herausforderungen. Insbesondere trifft das auf das Land Brandenburg zu, da aufgrund der natürlichen Gegebenheiten (insbesondere des Vorkommens von Braunkohle und des großen Potenzials Erneuerbarer Energien) die Energiewirtschaft in Brandenburg einen herausragenden Stellenwert hat. Als Exportland von elektrischer Energie wird es zukünftig eine verstärkte Rolle einnehmen. Ausgehend von diesen Verhältnissen ist deutlich erkennbar, dass ein Ausbau der Netze erforderlich ist, um der derzeitigen Situation sowie dem weiteren Zubau regenerativer Energieeinspeisungen gerecht zu werden.

Vor diesem Hintergrund hat das Ministerium für Wirtschaft des Landes Brandenburg die BTU Cottbus beauftragt, eine Untersuchung zur Ermittlung zukünftiger Potenziale Erneuerbarer Energien in Brandenburg und zu deren Netzintegration durchzuführen. Die Arbeiten wurden in enger Zusammenarbeit mit den Netzbetreibern Vattenfall Europe Transmission, E.ON edis und enviaNetz sowie mit Unternehmen der Erneuerbaren-Energie-Branche in Brandenburg (ENERTRAG und NAWARO) durchgeführt.

Die Studie verdeutlicht die Notwendigkeit des Netzausbaus zur Aufnahme der Einspeisung aus Erneuerbare-Energien-Anlagen, aus zukünftigen Erneuerbare-Energien-Hybridkraftwerken sowie aus konventionellen Bestands- und Neubaukraftwerken. Unter Zugrundelegung einer Vielzahl technischer und ökonomischer Prämissen wurde der Bedarf für den erforderlichen Netzausbau in Brandenburg für vier Grundszenarien hinsichtlich des Ausbaus der Erneuerbaren Energien, insbesondere der Windenergie ermittelt. Es sind umfangreiche Investitionen in allen Netzebenen in Brandenburg von ca. 852 Mio. € bis ca. 1,172 Mrd. € notwendig. Die Szenarien bilden dabei einen möglichen Ausbau Erneuerbarer Energien in Brandenburg von insgesamt 7,6 GW bis hin zu 15,6 GW ab.

Ausführlich wurde im Rahmen der Untersuchung auch das Konzept eines sogenannten Erneuerbare-Energien-Hybridkraftwerkes, bestehend aus den Komponenten Windenergie-Cluster, Elektrolyseur, Biomassefermentation und -aufbereitung sowie GuD-Kraftwerk analysiert und beschrieben. Das Hybridkraftwerk bietet die Möglichkeit, grundlast- oder nachfrageorientiert elektrische Energie ausschließlich aus Erneuerbaren Energien zu erzeugen.

Die Ergebnisse der Studie wurden auf dem Energietag Brandenburg 2008 im Beisein von Herrn Minister Junghanns, Wirtschaftsminister des Landes Brandenburg, vorgestellt.

Die Studie steht auf den Internetseiten des Ministeriums für Wirtschaft (www.wirtschaft.brandenburg.de) zum Download bereit.

4.2.7. Optimierung des elektrischen Eigenbedarfes und von Kabelanlagen

Stefan Fenske, Klaus Pfeiffer

Die im Jahresbericht 2004 – 2005 Abschnitt 4.3.4 genannten Auslegungsberechnungen wurden im Auftrag von Vattenfall Europe Generation AG & Co. KG für ein Vattenfall-Neubaukraftwerk fortgesetzt.

Nach Abschluss und Bestätigung der Betriebsmittellisten, die gemeinsam mit Vattenfall PowerConsult erarbeitet wurden, konnten die Kurzschlussströme in den Spannungsebenen 10 kV, 690 V und 400 V berechnet werden. Dazu stand die Software PowerFactory von DigSILENT zur Verfügung.

Die Betriebsmittellisten enthalten ebenfalls die Kabelimpedanzen. Für Kabelsysteme, bestehend aus mehreren Drehstromsystemen und mehreren PEN-Leitern wurden die symmetrischen Impedanzen mit einer speziellen Software ermittelt.

Die Ermittlung der maximalen und minimalen Kurzschlussströme erfolgte für mehrere Schaltzustände. So wurden die maximalen Kurzschlussströme auch mit Kupplung von 10-kV-Hauptverteilungen zu einem Nachbarblock berechnet.

Bei der Ermittlung der minimalen Kurzschlussströme wurde die Speisung aus dem Übertragungsnetz, der Inselbetrieb sowie die Speisung aus einem 110-kV-Netz berücksichtigt.

In die Optimierung der Niederspannungskabel wurden zusätzlich zu den in Normen enthaltenen Auswahlkriterien die Abnehmercharakteristiken, Schaltgerätearten und Selektivitätsanforderungen einbezogen. Als Vorstufe werden die Kabelgrenzlängen für die Kriterien Abschaltbedingung, Spannungsfall im Normalbetrieb und bei Motoranlauf ermittelt.

Die Optimierung kann erst im Planungsstadium abgeschlossen werden.

4.2.8. Aufteilung der Spannungsbeanspruchung über den Unterbrechereinheiten eines Hochspannungs- Leistungsschalters ohne Steuerkondensatoren

Henryk Stürmer

Für Hochspannungs-Leistungsschalter der unteren Spannungsebenen (bis 300 kV) wird bei modernen Schaltern eine Unterbrechereinheit pro Phase eingesetzt. Bei höheren Spannungsebenen kommen zwei, drei oder vier Schaltstrecken in Serienschaltung zur Anwendung. Sowohl in der AUS-Stellung des Schalters als auch bei der Ausschaltung von Last- oder Kurzschlussströmen werden die Unterbrechereinheiten mit unterschiedlichen Spannungsbeanspruchungen beaufschlagt. Die Spannung wird mittels Steuerkondensatoren, welche parallel zu den Unterbrechereinheiten angeordnet werden, gleichmäßig aufgeteilt. Für einen vierfach unterbrechenden Leistungsschalter wird eine Aufteilung von 25/25/25/25% angestrebt, für einen zweifach unterbrechenden Schalter eine Aufteilung

von 50/50%. Bei den verwendeten Steuerkondensatoren erhält man eine Aufteilung von etwa 53/47% und von 27/26/24/23%.

Die Steuerkondensatoren sind ein erheblicher Kostenfaktor und es wird versucht, Hochspannungs-Leistungsschalter ohne Steuerkondensatoren einzusetzen.

Bestimmender Faktor ist hier die Spannungsaufteilung. Bei durchgeführten Rechnungen zum untersuchten Schaltertyp ohne Steuerkondensatoren ergaben sich Werte für die Spannungsaufteilung von ca. 80/20% bei zweifach unterbrechenden Schaltern sowie 80/10/5/5% bei vierfach unterbrechenden Schaltern. Die erste Unterbrechereinheit muss 80% der Gesamtspannung halten. Die restlichen Unterbrechereinheiten werden nur gering belastet.

Am Schalter wurden dielektrische und Schalteleistungsprüfungen durchgeführt. Hier zeigte sich im Gegensatz zur Simulation, dass der Schalter mit höherer Spannung belastet werden kann.

Gründe für die Abweichungen können sein:

- Die Rechnung ist zu ungenau. Der Schalter wird durch Kapazitäten nachgebildet, welche sehr klein sind und es ergeben sich größere Streubereiche bei der Bestimmung dieser Kapazitäten.
- Es werden in der Simulation lediglich die Schalterkapazitäten betrachtet. Es können andere Effekte wirksam sein.

Die Messung der Spannungsverteilung ist aufgrund der kleinen Kapazitäten schwierig. Es ergeben sich bei konventioneller Hochspannungsmessung über kapazitive Teiler zu große Einflüsse der Messtechnik auf das Messergebnis.

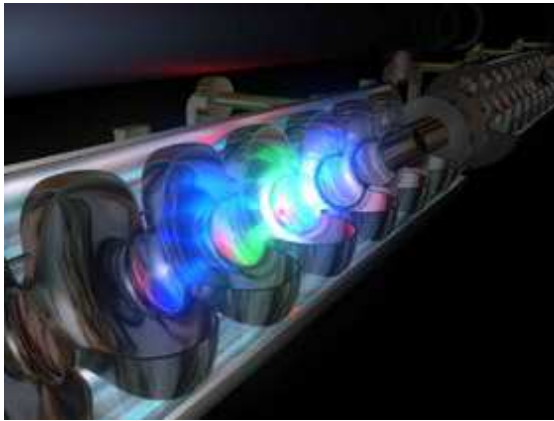
Die folgenden Probleme werden betrachtet:

- Entwicklung einer geeigneten Meßmethode zur Bestimmung der Spannungsverteilung
- Untersuchung der Effekte, welche die Spannungsverteilung bestimmen und welche für unterschiedliche Formen der Spannungsbeanspruchung bestimmend sind
- Vergleich der Erkenntnisse mit den Messergebnissen, Darstellung der Ursachen für das bessere Schalterverhalten.

4.2.9. Langzeitverhalten von HighVoltage-Steckersystemen für die RF-Stationen des XFEL-Laser der DESY

*Holger Leich, Rainer Wenndorff, Lutz Jachmann, Winfried Köhler, Jens Hartung
Lothar Kleinod, Ronny Fritz, Holger Häusler, Dirk Lehmann*

Der europäische Freie-Elektronen-Röntgenlaser European XFEL wird hochintensive, ultrakurze Laserlichtblitze im Röntgenbereich erzeugen, deren Wellenlängen nochmals deutlich kürzer sind als die der FLASH-Anlage bei DESY. Damit eröffnet der European XFEL völlig neue, vielversprechende Experimentiermöglichkeiten in fast allen Naturwissenschaften.



Hohlraum-Resonator zur Beschleunigung des Elektronenstrahls [Quelle: DESY]



Klystron mit angeflanschem Hochspannungstransformator [Quelle: DESY]

Die Beschleunigung des Elektronenstrahls erfolgt in supraleitenden Hohlraumresonatoren, die durch hochfrequente elektromagnetischen Wellen hoher Leistung gespeist werden. Diese werden in den RF-Stationen des XFEL mit Hilfe von Klystronen erzeugt. Für den Betrieb der Klystronen erzeugt ein Modulator Hochspannungspulse, die mittels eines Pulstrafo auf ein Spannungsniveau von ca. 127 kV gebracht werden.

Das Hauptaugenmerk der andauernden gemeinsamen Forschungsarbeiten liegt in der Suche nach einer geeigneten Hochspannungsverbindung zwischen dem Impulstransformator und dem Klystron auf Basis einer Feststoffisolierung. Randbedingungen hierfür sind:

- eine hohe Isolationsfestigkeit gegen repetierende Impulsspannungen
- die Vermeidung langer Reparaturzeiten
- die Minimierung der einzubringenden Brandlast in das Tunnelsystem
- ein gute Handhabung und Trennbarkeit des Verbindungssystems.

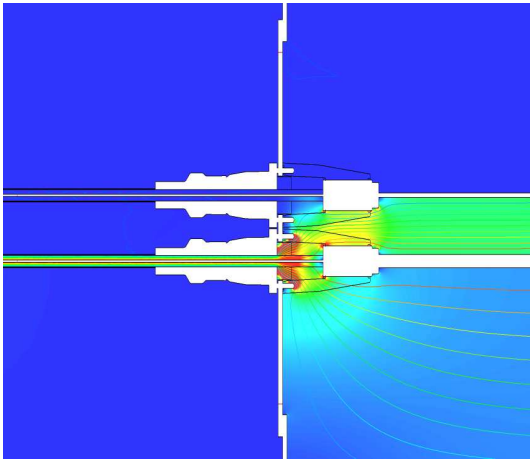
Bisherige praktische Untersuchungen zusammen mit dem Lehrstuhl konzentrierten sich auf Stecker-Systeme aus der Medizintechnik.

Die dielektrische Festigkeit und Stromtragfähigkeit entsprechen den Vorstellungen des Nutzers. Entscheidendes systematisches Bewertungskriterium für die dielektrische Isolationsfestigkeit ist die klassische Teilentladungsmessung bei anliegender Wechselspannung von 1 Minute vor und nach den Beaufschlagungszyklen.

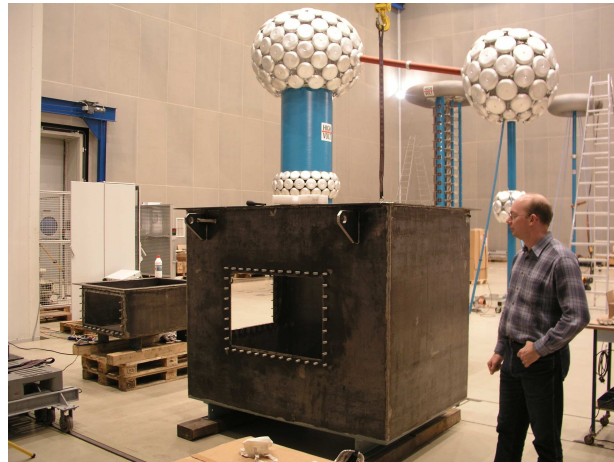
Leider zeigten sich erhebliche Mängel im mechanischen Verschlusssystem und bei der Montage.

Alternativvorschläge zu zwei kommerziellen Steckersystemen zogen theoretische Abschätzungen und den Bau von speziellen Prüfvorrichtungen nach sich, in denen nunmehr Langzeitbeaufschlagungen fortgeführt werden.

Theoretisch sind diese beiden energietechnischen Lösungen gut nutzbar. Gegen einen Einsatz spricht aber die Auslegung für hohe Stromdichten, die bei dieser Anwendung nicht vorherrschen, hohe Kosten verursachen und eine schlechten Handhabung bei der Kabelkonfektionierung nach sich ziehen.



Elektrische Feldstärkeverteilung bei horizontalen Schnitt durch eine Steckersystem



Priifkessel für ölisolierte HV-Stecker-Systeme
[neue Fotos]

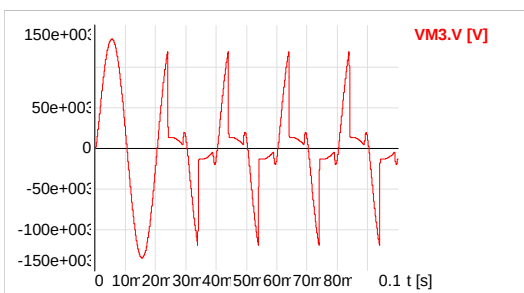
Derzeitiger Arbeitsstand ist:

Ein aus der Medizintechnik stammendes Steckersystem wurde praktisch mit Impulsspannungen beaufschlagt und hielt diesen Stand. Leider erwies sich das mechanische Verschlussystem als mangelhaft und führte zum Ausschluss.

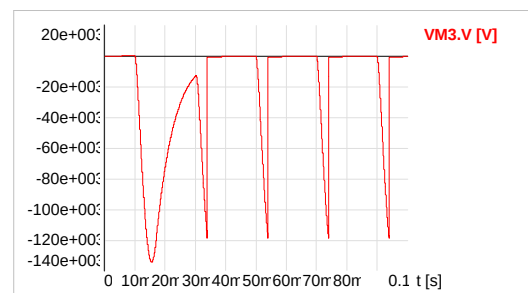
Untersuchungen mit einem HV-Steckersystem eines amerikanischen Kernforschungszentrums sowie zwei Steckern aus der Energietechnik ergaben, dass diese überdimensioniert sind und folglich Nachteile bei der Handhabung aufweisen.

Nunmehr werden mit einem neuen Versuchsmuster aus der Medizintechnik praktische Versuche vorbereitet, wobei der Start der Langzeituntersuchungen für November 2009 angesetzt ist.

Um sich dem realen Spannungsimpuls der Klystronversorgung anzunähern, wurde grundsätzlich nochmals über die Beaufschlagung mit intermittierenden Impulsspannungen positiver und negativer Flanke nachgedacht und die Spannungserzeugung dementsprechend modifiziert.



Intermittierende Impulsspannung



negative Impulsspannung

4.2.10. Überprüfung der Langzeitstabilität neuartiger optischer Strom- und Spannungswandler in den Verteilnetzen regionaler Energieversorger

Alexander Feige, Maik Honscha

Optische Strom- und Spannungswandler bieten im Vergleich zu den bisher verwendeten konventionellen Wandlern Vorteile hinsichtlich der Resistenz gegenüber elektromagnetischen Störeinflüssen, die infolge Blitzeinschlägen oder Schalthandlungen die elektrischen Betriebsmittel gefährden. Zudem eröffnen sich aufgrund der optischen Messprinzipien neue Möglichkeiten bei der Herstellung, wodurch der Isolationsaufwand erheblich reduziert wird und dadurch Baugröße und Gewicht verringert werden können. Mit optischen Wandlern ist es zudem möglich, weitere Aufgaben, wie z.B. das Messen von Oberschwingungen bis weit über der 50. Harmonischen, zu übernehmen.

Fehlende Betriebserfahrungen sowie der hohe Aufwand zur Kompensation von Störeinflüssen, wie z.B. Temperatur und Vibration, sind eine Ursache für den bis jetzt noch nicht flächendeckenden Einsatz dieser viel versprechenden Messtechnologie.

Im Rahmen eines 6jährigen internationalen Forschungsprojektes ist es dem Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik gelungen, die optische Messtechnologie in praxisnahen, preiswerten Versuchsmustern umzusetzen. An diesem Projekt waren auch die beiden regionalen Energieversorger enviaM (Deutschland) und ENEA (Polen) beteiligt. Ihnen fiel die Aufgabe zu, ihr Versorgungsnetz für die Überprüfung der Langzeitstabilität der entwickelten optischen Strom- und Spannungswandler zur Verfügung zu stellen und Betriebserfahrungen zu sammeln.

Zur Überprüfung der Langzeitstabilität wurden die optischen Wandler in 2 Umspannwerken installiert und unter realen Bedingungen über einen Zeitraum von mehr als einem Jahr auf ihr Betriebsverhalten untersucht. Als Referenzwandler dienten die bereits installierten konventionellen Wandler. Die relevanten Werte (Umgebungstemperatur, Spannungswerte, Stromwerte) wurden jede Minute erfasst. Zur Überwachung der Betriebssicherheit erfolgte eine permanente Drucküberwachung der Wandler über Dichtewächter.

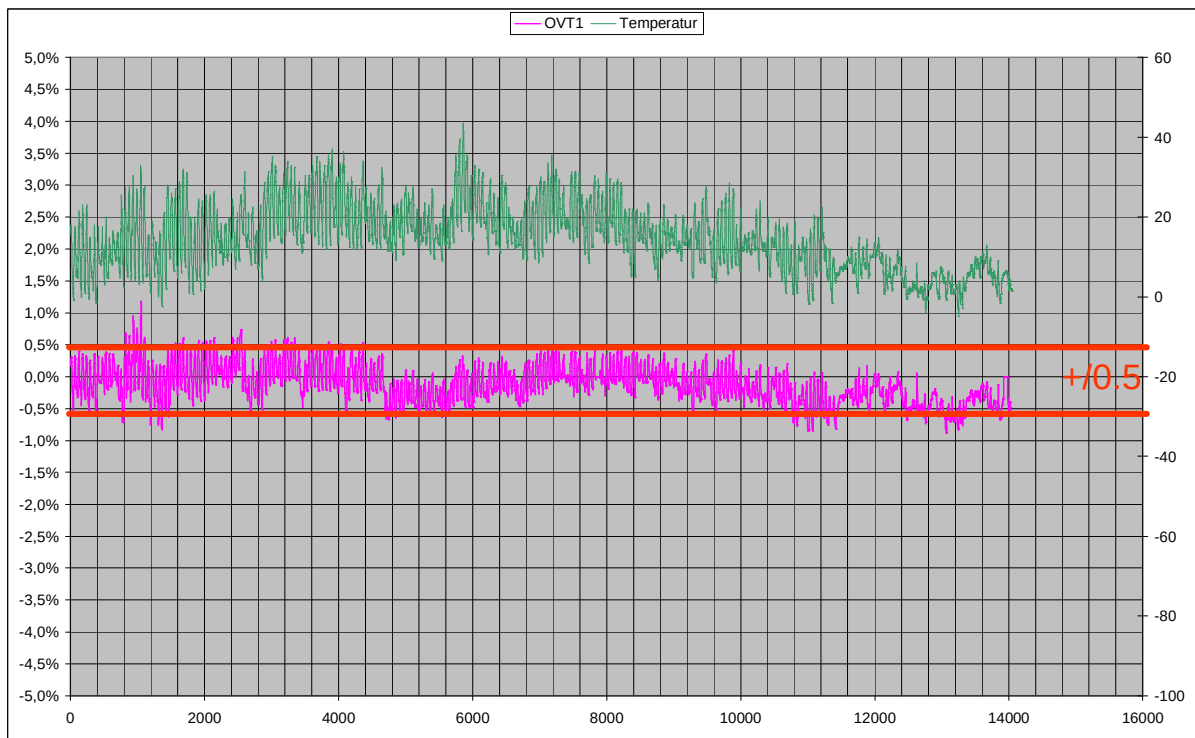


Optische Wandler im Umspannwerk der enviaM



Optische Wandler im Umspannwerk der Enea

Der Feldtest im Umspannwerk der enviaM wurde von März 2007 bis Mai 2008 durchgeführt. Zur Bestimmung der Genauigkeit und Langzeitstabilität wurden die Messwerte der optischen Wandler mit den Werten der Referenzwandler verglichen. Die Auswertung ergab beim opt. Spannungswandler 1 einen maximalen Fehler von 0,51% bei einem aufgetretenen Temperaturbereich von -10°C bis +40°C. Die s lag voll im Rahmen der Erwartungen. Der opt. Spannungswandler 2 wies mit 2,5% einen weitaus größeren Fehler auf. Die Ursache hierfür war eine Langzeitdrift, die nur durch den langen Zeitraum des Feldtests erkannt werden konnte. Die beiden optischen Stromwandler wiesen ihre Praxistauglichkeit mit einem Fehler von 0,3% über den gesamten Versuchszeitraum nach.



Langzeitverhalten des opt. Spannungswandlers 1 in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

Da der Feldtest im polnischen Umspannwerk noch andauert, ist eine genaue Auswertung 2009/2010 zu erwarten.

Die Feldtests stellen offiziell das Ende des internationalen Forschungsprojektes dar. Die Entwicklung der Technologie zur optischen Messung hoher Ströme und Spannungen ist damit aber nicht abgeschlossen. Sie befindet sich derzeit im Stadium der Prüfung zum industriellen Produkt mit einhergehender Optimierung. Kontakte zu einem großen Hersteller elektrischer Betriebsmittel für Energieversorgungsnetze und zu offiziellen Agenturen, wie der Technologietransferstelle der BTU, sind hergestellt worden.

5. Prüf- und Messeinrichtungen

5.1. Räumlichkeiten

Die große Hochspannungshalle besitzt Achsmaße von 30 x 24 x 15 m (LxBxH). Die Zufahrt erfolgt über ein Tor 4,0 x 4,2 m (BxH), wobei die Torschwelle für eine Achslast von 15 t ausgelegt ist. In der Halle beträgt die zulässige Flächenpressung 10 t/m². Lasten bis 8 t können über den Hallenkran bewegt werden, darüber steht bis 20 t eine Luftkissenanlage zur Verfügung. Die Halle weist eine Vollschringung mit einer Dämpfung von ca. 100 dB im Bereich 10 kHz bis 1 GHz auf.

Als Nebenräume existieren:

kleine Hochspannungshalle mit 4 Versuchsständen;
Optik-Labor;
Elektronik-Labor;
EMV-Labor;
Klimakammer;
Wandler-Labor;
Netzanalyse-Labor

5.2. Wechselspannungsprüftechnik

1 phasig

3 Plätze 350 kV, 175 kVA bzw.
1 Platz 350/700/1000 kV; 400/400/250 kVA
alternative Speisung über Maschinenumrichter 10 - 100 Hz
1 Platz 100 kV, 20 kVA
2 Plätze 100 kV, 5 kVA

3 phasig

1 Platz 600 kV, 525 kVA

5.3. Wechselspannungsmesstechnik

3 Messteiler, kapazitiv a 350 kV, kaskadierbar mit 1000 kV Kopfelektrode
3 Messteiler, kapazitiv a 100 kV
9 Messteiler, ohmsch-kapazitiv a 50 kV, kaskadierbar und freilufttauglich für Vor-Ort-Messungen
2 Kugelfunkenstrecken 500 mm bzw. 250 mm
1 TE-Messplatz mit Sperrdrossel bis 700 kV
1 TE-Messplatz mit Sperrdrossel bis 100 kV
1 Druckgaskondensator, 400 kV, 100 pF
1 Druckgaskondensator, 100 kV, 100 pF
diverse C, tan δ - Messbrücken 1 induktiver Normalspannungswandler 110/60 kV, 200 ppm
diverse Scheitelwert- bzw. True-RMS Messgeräte

5.4. Wechselstrommess- und prüftechnik

1 Hochstromanlage 10 kA DB, 40 V
1 Hochstromanlage 1 kA DB, 5 V
1 Messstromwandler 10 kA CL 0,5
1 Normalstromwandler 6 kA, 50 ppm
diverse Stromzangenwandler bzw. Shunts

5.5. Gleichspannungsmess- und prüftechnik

1 Gleichspannungsanlage 1600 kV, 10 mA mit 1000 Hz Erregermaschine
1 Gleichspannungsanlage 400 kV, 20 mA
1 Gleichspannungsanlage 140 kV, 15 mA
4 Messteiler ohmsch a 500 kV kaskadierbar mit 2000 kV Kopfelektrode
1 Messteiler ohmsch a 400 kV
2 Messteiler ohmsch a 140 kV

5.6. Stoßspannungsmess- und prüftechnik

Stoßanlage 1800 kV-BIL bzw. 1400 kV-SIL, 90 kJ
aufrüstbar auf 2400 kV, 120 kJ

Stoßanlage 200 kV, 2,5 kJ
aufrüstbar auf 1000 kV, 25 kJ

3 Stoßteiler ohmsch-kapazitiv a 600 kV, kaskadierbar mit Kopfelektrode 1800 kV-BIL, 1400 kV-SIL
2 Stoßteiler ohmsch-kapazitiv a 200 kV
1 Stoßteiler ohmsch 1200 kV
diverse Scheitelspannungsmessgeräte
1 Platz mit digitalem Stoßspannungsauswertesystem
9 Stoßspannungsteiler für Vor-Ort-Messungen, 200 kV-BIL, 50 KV-AC
Die Stoßspannungsanlage kann zur Stoßstromanlage umgerüstet werden und erzeugt dann 25 kA (8/20 (µs) bzw. 50 kA (4/10 (µs)).

5.7. Klimakammer

Innenabmessungen 7x5x7,95 m (LxBxH)
Tor 2x7 m (BxH)
Personenschleuse
Temperaturbereich -50 ... +80°C
Feuchte 10 ... 95 %
Belastbarkeit 5 t statisch plus 50 kN dynamisch
Durchführungen 350 kV AC, 1050 kV-BIL, 10 kA AC
Sprühwasser-Vereisungsanlage

5.8. Optik-Labor

2 optische Tische mit Schwingungs-Dämpfungssystem
diverse Justage- und Montageeinrichtungen
Lichtquellen, Empfänger, optisches Multimeter, Spektrometer, Mikroskop, 30 L-
Temperaturtruhe (-40°... +180°C)
Polarisationsmessgeräte sowie diverse Polarisatoren

5.9. Elektronik-Labor

Leiterplattenentwurfssystem;
Funktionsgeneratoren;
6,5 bzw. 7,5 stellige Digitalmultimeter;
Speicheroszilloskope bis 8 GS/s und 8 Mbyte;
Entwicklungsplattform für S7-Steuerungen

5.10. EMV-Labor

1 Absorberkammer 7x4x4 m (3 m - Messstrecke) für Prüflinge bis 1x1x2 m (LxBxH);
Streifenleiter-Prüfanlage 24x6x6 m für Lokomotiven, Züge, Busse, Lkw;
Streifenleiter-Prüfanlage 10x7x8 m für Pkw, etc.;
1 GTEM-Zelle
2 Antennen 9 kHz ... 30 MHz;
2 Antennen 30 MHz ... 3 GHz;
Leistungsverstärker bis 100 W;
Feldmesssonden DC, 16 2/3, 50 Hz und bis 1 GHz;
Burstgenerator;
Surgegenerator;
ESD-Generator;
Netzunterbruchsimulator
diverse Einkoppelzangen
1 optische Übertragungsstrecke, 1 kHz – 1 GHz (50 m LWL)

5.11. Schutztechnik-Labor

Für das Fach „Schutz von Energieübertragungsnetzen“ wurde bereits 2002 ein Labor aufgebaut, das zur Vertiefung der Kenntnisse der Studenten in diesem Fach dient. Der Erwerb der verschiedenen Schutzrelais wurde u.a. über eine Förderung durch den VDE-Bezirksverein Lausitz e.V. möglich. Die Versuche an den Schutzrelais werden mit Seminaren zur Untersetzung des Vorlesungsinhaltes und mit Rechenübungen vorbereitet.



Schutztechniklabor

Folgende Inhalte werden behandelt:

Verschiedene Schutzprinzipien mit Beispielen

Anwendung von ATP (alternativ transient program)

Arbeit mit dem Omicron-System

Überstromzeitschutz	PM481	ALSTOM
Trafodifferentialschutz	PQ 721	ALSTOM
Leitungsdifferentialschutz	7SD610	SIEMENS
Trafodifferentialschutz	7UT612	SIEMENS
Distanzschutz	7SA610	SIEMENS
Multifunktionsschutz	7SJ631	SIEMENS,

Einbindung der Schutzrelais in ein Netzmodell

Fernbedienung der Schutzrelais

5.12. Wandlermessplatz

- 1 kap. Normalspannungswandler 400 kV, 200 ppm;
- 1 ind. Normalspannungswandler 110/60 kV, 200 ppm;
- 1 Normalstromwandler 6 kA, 50 ppm;
- 1 Wandlermessbrücke auch mit Schnittstellen für nichtkonventionelle Wandler nach IEC-Entwürfen;
- 1 Spannungsbürde, elektronisch;
- 1 Strombürde, mechanisch

5.13. Netzanalyse-Labor

- Oszilloskope und Transientenrekorder bis 8 GS/s bzw. 8 MByte;
- 2 Analysesysteme 16 Kanal für Netzgrößen, Oberschwingungen, Flicker, Transiente mit optischer Übertragung zur Synchrontriggerung;
- 1 Relais-Prüfsystem zum Test aller gängigen Schutzrelais incl. Vektorsprungrelais sowie der Generierung von Echtzeitsignalen aus EMTP-Berechnungen;
- diverse Tastköpfe und Shunts;
- 9 gedämpft-kapazitiver Hochspannungsteiler (freilufttauglich und kaskadierbar) mit 50 kV AC / 200 kV BIL

5.14. Software

ABB-Calpos – Lastfluss, Kurzschluss; Oberschwingungen, dyn. Simulation, Distanzschutz und Selektivität, Kabeldimensionierung, Erdung

Sincal – Lastflussberechnung, Kurzschlussberechnung

ATP-EMTP - transiente Ausgleichsvorgänge

CST EM Studio - Feldberechnung

Orcad / Pspice Simulation elektronischer Schaltungen, Leiterplattenlayout

DigSILENT PowerFactory – dynamische und stationäre Netzberechnungen

diverse Software Pakete (z.B. **AutoCAD**, **MatLab**, **Maple**, **LabView**, **FAMOS** etc.)

6. Projektpartner und Arbeitskontakte

Die Darstellung der Projektpartner und Arbeitskontakte im Berichtszeitraum erfolgt in alphabetischer Reihenfolge und ist kein Maß für die Intensität der Kontakte.

LS Energieverteilung und Hochspannungstechnik

ABB	Cottbus
ALSTOM – Transformatoren	Mönchengladbach
Bombardier	Hennigsdorf
Deutsche Bahn AG	München
Deutsche Eisenbahn Consulting	Cottbus
E.ON edis	Fürstenwalde
envia Netz	Halle
HIGHVOLT Prüftechnik Dresden GmbH	Dresden
Ritz Messwandler	Hamburg, Ludwigslust
Siemens PTD	Erlangen, Berlin, Frankfurt
Siemens TS	Erlangen
Stadtwerke Cottbus	Cottbus
Vattenfall Europe Generation	Cottbus
Vattenfall Europe Transmission	Berlin
Wehrwissenschaftliche Erprobungsstelle der Bundeswehr	Münster
Nexan Superconductors	Köln/Hürth

7. Publikationen

7.1. Veröffentlichungen

Serna-Silva, M.; Schwarz, H.; Pfeiffer, K.:

Integration of dispersed wind generation to the East German network

CIREN, 19th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution

Vienna, May 21 – 24, 2007

Serna-Silva, M.; Schwarz, H.; Pfeiffer, K.:

Using Network Safety Management Systems for integration of wind energy parks

8th International Scientific Conference on Electrical Power Engineering of TU Ostrava

June 12 -14, 2007, Kouty nad Desnou (Czech Republik)

Honscha, M., Feige, A., Schwarz, H.:

Einflüsse von Klebstoffen auf das Temperaturverhalten optischer Spannungswandler

ETG-Fachbericht 108, S.481-487, ISBN 978-3-8007-3064-3, ISSN 0341-3934, VDE Verlag

GmbH, Berlin und Offenbach, 2007

Haake, D.; Krüger, T.; Pfeiffer, K.:

Neue Konzepte im Elektrischen Eigenbedarf. Auswahl und Einsatz von Strombegrenzern

KELI 2008, VGB-Konferenz „Elektrotechnik, Leittechnik, Informationsverarbeitung“, 06.-08.

Mai 2008, Hamburg

Schwarz, H.; Bitsch, R.; Fichtner, W.; Pforte, R.; Pfeiffer, K.:

Netzintegration Erneuerbarer Energien in Brandenburg

Kurzfassung einer Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft des Landes Brandenburg

LIFIS ONLINE [24.11.08]

www.leibniz-institut.de

ISSN 1864-6972

Schwarz, H.; Roskoden, L.; Pfeiffer, K.; Fenske, S.:

Prospective Wind Power Development and Necessary Grid Extensions in Brandenburg

Proceedings of DEWEK 2008, 9th German Wind Energy Conference, 26 -27 November 2008, Bremen

Pforte, R.; Pfeiffer, K.; Fichtner, W.; Schwarz, H.:

Studie zur Netzintegration der Erneuerbaren Energien in Brandenburg

VDI/VDE Mensch&Technik, I/2009, S. 8-9

Dommerque, R.; Krämer, S.; Hobl, A.; Böhm, R.; Bludau, M.; Bock, J.; Klaus, D.; Piereder, H.; Wilson, A.; Krüger, T.; Pfeiffer, G.; Pfeiffer, K.; Elschner, S.:

Medium Voltage Superconducting Fault-Current Limiters – Production and Test

Proceedings of 9th EUCAS European Conference on Applied Superconductivity, September 13 -17, 2009, Dresden

Krüger, T.; Haake, D.; Pfeiffer, K.; Dommerque, R.; Bock, J.:

Neue Konzepte im Elektrischen Eigenbedarf – Auswahl und Einsatz von Strombegrenzern

41. Kraftwerkstechnisches Kolloquium, Tagungsband, 13./14. Oktober 2009, Dresden

Haake, D.; Malsch, M.; Pfeiffer, K.:

Kurzschlussstromanteile umrichter- bzw. stromrichtergespeister Antriebe in Netzen des Kraftwerkseigenbedarfs

Internationaler ETG-Kongress, 27./28. Oktober 2009, Düsseldorf, Tagungsband

7.2. Vorträge

Pfeiffer, K.:

HTS current limiter and its application in grids of power plants

Instituts-Kolloquium des Instituts für Elektrische Energietechnik der TU Poznan

07.05. 2007

Pfeiffer, K.:

Netzintegration erneuerbarer Energien in Brandenburg; Thematik und Zwischenbericht

Innovationstag Energie an der BTU Cottbus, 30.05.2007

Pfeiffer, K.:

Einsatzmöglichkeiten von resistiven hochtemperatur supraleitenden Kurzschlussstrombegrenzern, Energietag Brandenburg an der BTU Cottbus, 07.09.2007

Honscha, M.:

The Ability of Adhesives to Optical Voltage Sensors

3rd International conference "Advances in Processing, testing and Application of Dielectric Materials" (APTADM'2007), Wroclaw (Poland), 26.09.-28.09.2007

Honscha, M.:

Einflüsse von Klebstoffen auf das Temperaturverhalten optischer Spannungswandler

Internationaler ETG-Kongress 2007 Fachtagung 4: Schaltanlagen und Netze – Innovative Lösungen, Karlsruhe (Deutschland) 23.10.-24.10.2007

Pfeiffer, K.; Schwarz, H.:

Windkraftnutzung und Konflikte, Kreisenergiekonferenz Landkreis Dahme-Spreewald, Wildau, 22.11.2007

Pfeiffer, K.:

Supraleitende Strombegrenzer im Kraftwerkseigenbedarf

ZIEHL-Tagung, Bonn, 20.02.-21.02.2008

Pfeiffer, K.:

Problemstellungen bei Auslegungsberechnungen für Eigenbedarfsnetze von Kraftwerken

Planertagung Fa. Adapted Solutions, Chemnitz, 24.04.2008

Pfeiffer, K.:

Die Herausforderungen an Training und Schulung für die Netzbetreiber als Bestandteil von Forschung und Lehre

Security-of-Supply-Konferenz von Vattenfall Europe Transmission, Leipzig, 25.08.-26.08.2008

Schwarz, H.; Pfeiffer, K.; Bitsch, R.; Fichtner, W.:

Netzintegration Erneuerbarer Energien in Brandenburg - Abschlusspräsentation der Studie Energietag Brandenburg, BTU Cottbus, 10.09.2008

Pfeiffer, K.:

7.3. Veranstaltungen

Workshop: Auslegungsberechnungen für Elektroenergieversorgungsanlagen
(jährlicher Workshop im Rahmen des Energietages Brandenburg)

Moderation: Hon.-Prof. Dr.-Ing. G. Pfeiffer

07.09.2007 Thema: Kurzschlussstrombegrenzung

10.09.2008 Thema: Oberschwingungen in Erdschlussrestströmen

10.09.2009 Thema: Betriebssicherheit von Niederspannungsschaltanlagen

Workshop „Entwicklungstendenzen in der Hochspannungsprüftechnik“ an der BTU Cottbus, 08.02.2008

Moderation: Prof. Dr.-Ing. H. Schwarz

Polnisch-Brandenburgischer Workshop „Erfahrungsaustausch zu Energietechnologien“ an der BTU Cottbus, 24.04.08

Moderation: Prof. Dr.-Ing. H. Schwarz

Energietag Brandenburg

Forum 5: „Sicherer Systembetrieb der Elektrizitätsversorgungsnetze“

10.09.2009

Innovationstag Energie

„Sicherer Systembetrieb elektrischer Versorgungsnetze“

11.09.2009

Exkursion für Studenten des Masterstudienganges „Power Engineering“ zum Kraftwerk Schwarze Pumpe und zur Firma Highvolt Prüftechnik Dresden GmbH,

10.06.2009

7.4. Referenzen

- Prüfung von Hochspannungsdurchführungen

Es erfolgten Teilentladungsgleichspannungs-, TE-Umpol- sowie AC-Prüfungen verschiedener Typen von Transformator- und Wanddurchführungen. Es erfolgten Prüfungen auf verschiedenen Spannungsebenen bis 920 kV. Die Teilentladungen (TE) wurden mittels eines TE-Messsystems aufgezeichnet und im Protokoll dargestellt.

- Schutzrelaisprüfung

Es wurden mehrere Schutzgeräte vom Typ SEG MRN 1 geprüft. Es erfolgten folgende Prüfungen:

Überspannungsschutz 2-stufig
Unterspannungsschutz 2-stufig
Überfrequenzschutz 2-stufig
Unterfrequenzschutz 2-stufig

- Prüfung der Vektorsprungfunktion

Für die Prüfung wurde ein Schutzgeräteprüfsystem vom Typ OMICRON CMC 156 mit Verstärker CMS 156 verwendet.

- Ortung von Erdschlüssen

Es wurden Möglichkeiten zur Ortung von Erdschlüssen im kompensiert betriebenen Mittelspannungsnetz untersucht. Hierzu erfolgten theoretische Betrachtungen sowie Simulationen mittels der Netzberechnungsprogramme ATP und CALPOS. Zur praktischen Überprüfung der Berechnungen wurden Versuche mit künstlich eingelegten Erdschlüssen in einem 20 kV-Energieversorgungsnetz durchgeführt.

- Untersuchung der Temperaturverteilung in Großtransformatoren

Zur Untersuchung der Kerntemperatur in einem Großtransformator wurden an vier Stellen Pt100 in einen Transformator Kern eingebracht. Die Temperaturverläufe wurden über einen längeren Zeitraum aufgezeichnet. Zusätzlich wurden Messdaten wie Strom, Spannung und Stufenschalterstellung verarbeitet. Weiterhin wurden grundlegende theoretische Fragen der Temperaturverteilung im Transformator sowie eingesetzte Berechnungsmethoden betrachtet. Dazu gehören DIN VDE 0532 und IEC Loading Guide.

- EMV in Kraftwerken

Formulierung von EMV-Anforderungen an Betriebsmittel und Komponenten in Kraftwerken auf Grundlage einer EMV-Analyse des Kraftwerksbereiches. Messtechnische Überprüfung der Vorgaben für magnetische und elektromagnetische Störfelder sowie exemplarische Messungen von Schaltstörungen.

- EMV in der Verkehrstechnik

Entwicklung und Optimierung einer impulsbasierten Störfestigkeitsprüfung für Schienen- und große Straßenfahrzeuge. Erstmaliger Nachweis der Störfestigkeit eines kompletten Schienenfahrzeugs gegen elektromagnetische Störfelder unter realen Betriebsbedingungen. Möglichkeit für Störfestigkeitsprüfungen an Straßenfahrzeugen.

- Blitzschutz am Cargolifter Luftschiff

Mit Hilfe von Versuchen in der Hochspannungshalle der BTU wird das Blitzschutzkonzept an einem skalierten Modell des CargoLifter vervollständigt. Die Ergebnisse ermöglichen eine Übertragung der Erfahrungen vom Modell auf das Luftschiff in seiner endgültigen Größe.

- Netzanalyse in Bergbaunetzen

Theoretische und praktische Untersuchungen mit Schwerpunkt Isolationsfestigkeit in Tagebaunetzen (regional) der Lausitz zur Überprüfung und Reduzierung der Auswirkungen direkter und indirekter atmosphärischer Entladungen sowie Erdfehlern in erdschlusskompensierten Netzen. Die Bandbreite der praktischen Untersuchungen reicht von hochauflösenden Netzanalysen in Mittelspannungsnetzen zur Erfassung definierter Schaltvorgänge bis zur örtlich ausgedehnten Langzeiterfassung atmosphärischer transienter Überspannungen. Theoretische Abschätzungen zur Reproduktion aufgezeichneter Vorgänge untermauern die praktischen Erfahrungen und offerieren die Auswirkungen auf die Betriebsmittelisolation bei Fehlereintritt in den Netzen.

- Vereisung und Klimaprüfung

Umweltsimulationen an elektrischen Betriebsmitteln der Mittel- und Hochspannungstechnik wie Vereisung, Grenztemperaturprüfung, künstliche Alterung unter forcierten klimatischen Bedingungen geben Auskunft über die mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Betriebsmittel. Umfangreiche Erfahrungen in der künstlichen Alterung von Schaltanlagen finden zukünftig Anwendung in normabweichenden präzisierten Verfahren zur Klassifizierung der altersabhängigen Isolationsfestigkeit und -koordination für Schaltanlagenhersteller.

- Hochspannungsprüfungen

Dielektrische Untersuchungen, Entwicklungs- und Typprüfungen an Betriebsmitteln der Mittel- und Hochspannungstechnik dienen zur Überprüfung derer normkonformen und herstellereigenspezifischen Ausführung. Schwerpunkt im Hochspannungsprüfbereich liegt in der dielektrischen Spannungsfestigkeitsprüfung von Betriebsmitteln bis zu einer Bemessungsspannung von 525 kV. Auf Erfahrungen zur Prüfung von Mittelspannungsleistungsschaltern, Kabelendverschlüssen, Stecksystemen der Mittelspannungstechnik sowie Kabelendverschlüssen, Durchführungen Wandlern Schaltern der Schottisolatoren etc. der Hochspannungstechnik kann zurückgegriffen werden.