



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Elektrotechnisches Institut

Prof. Dr.–Ing. W. Hofmann

JAHRESBERICHT ANNUAL REPORT	2012
--	-------------

Lehrstuhl Elektrische Maschinen und Antriebe

Inhalt

1	Vorwort.....	5
2	Lehraufgaben	7
2.1	Lehraufgaben im Grund- und Hauptstudium	7
2.2	Lehraufgaben im Grund- und Hauptstudium für andere Fakultäten.....	12
2.3	Abgeschlossene Diplom- und Studienarbeiten.....	13
2.4	Exkursionen.....	15
3	Öffentlichkeitsarbeit.....	17
3.1	Veröffentlichungen	17
3.2	Vorträge und Berichte.....	19
3.3	Kooperation.....	27
	3.3.1 Forschung und Lehre	27
	3.3.2 Gremien und Gutachten	28
3.4	Auszeichnungen.....	29
3.5	Nachruf	30
4	Forschung.....	31
4.1	Forschungsprofil	31
4.2	Forschungsprojekte	31
4.3	Ausgewählte Forschungsergebnisse in Kurzform ..	35
5	Ausstattung des Lehrstuhls.....	61
5.1	Forschungsversuchsstände.....	61
5.2	Lehrversuchsstände.....	63
5.3	Sonderausstattung.....	63
6	Personelle Besetzung.....	65
7	Anschrift	67
8	Impressum	69
9	Lageplan	71

1 VORWORT

Liebe Kollegen, Mitarbeiter und Freunde,

mit dem zu Ende gehenden Jahr wollen wir Ihnen wieder mit dem Jahresforschungsbericht einen Einblick in unsere Arbeiten geben.

Dank regen Zuspruchs unserer Fachrichtung Elektroenergietechnik und insbesondere der Elektrischen Maschinen und Antriebe seitens der Studenten erfreuen wir uns nicht nur steigender Hörerzahlen in



Vorlesungen, Übungen und Praktika sondern auch erhöhter Nachfrage nach Studien- und Diplomarbeiten. Dieser überaus erfreulichen Entwicklung können wir nur noch mit erhöhtem persönlichen Einsatz aller Mitarbeiter in Lehre und Forschung gerecht werden, denn in zusätzliches Personal seitens der Universität oder des Freistaats können keine Hoffnungen mehr gesetzt werden. Eine weit über 100%ige Lehrlast wird in diesen Zeiten als normal angesehen, obwohl die Folgen für die Lehrqualität absehbar sind.

Von unseren Arbeiten im Rahmen von zwei Innovativen Wachstumskernen kann berichtet werden, dass die AUTOTRAM Mitte 2012 erfolgreich abgeschlossen werden konnte und im Beisein der Bundesforschungsministerin der Öffentlichkeit vorgestellt wurde. Unser substantieller Beitrag bestand in der Entwicklung der Fahrmotoren mit neuartiger Kühlung und energieoptimierter Steuerung, die beide zusammen einen wesentlichen Teil des Innovationspotentials des seriellen Hybridbusses darstellen. Für den zweiten Wachstumskern LEANTEC konnte das Bündnis den Innovationspreis Mitteldeutschlands entgegennehmen. Hierzu wird in den

kommenden zwei Jahren noch eine intensive Arbeit zu leisten sein. Ganz wesentlich für den Erkenntnisgewinn sind für den Lehrstuhl die Grundlagenarbeiten im Rahmen von DFG-Projekten, die dieses Jahr weitergeführt werden konnten. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen Fachgebieten wie der Aufbau- und Verbindungstechnik, der Integrativen Nanowissenschaft und dem Werkzeugmaschinenbau sowie mit dem Institut für Energietechnik und dem Institut für Leichtbau, wird auch in den kommenden Jahren eine große Rolle spielen. Die Grundausrüstung des Lehrstuhls konnte auch im vergangenen Jahr vorangebracht werden, indem ein Prüfstand für luftgekühlte Maschinen mit Unterstützung der VEM motors GmbH entstand.

Im nationalen Rahmen pflegt der Lehrstuhl enge wissenschaftliche Kontakte zum Institut für Elektrische Energiewandlung der TU Darmstadt, Prof. Binder, mit dem seit vielen Jahren ein gemeinsames jährliches Doktorandenseminar veranstaltet wird.

Für die geleistete Arbeit der Mitarbeiter und Studenten, die kollegiale Zusammenarbeit in Institut und Fakultät sowie die Unterstützung von vielen Seiten, insbesondere von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Ihr



Wilfried Hofmann

2 LEHRAUFGABEN

2.1 Lehraufgaben im Grund- und Hauptstudium

Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann

Elektrische Maschinen 1, WS (3/1/1)

Pflichtfach für Elektroenergietechnik (EET), Wirtschaftsingenieure
Stellmotoren (2/0/0), WS, Pflichtfach Mechatronik (MT)

Grundlagen der elektromagnetischen Energiewandlung; Einphasen-Transformator; Drehstrom- und Spezialtransformatoren; Grundlagen der Drehfeldmaschinen; Induktionsmaschinen; Stromortskurve der Käfigläufermaschine; Betriebsverhalten der Käfigläufermaschine; Betriebsverhalten der Schleifringläufermaschine; Wechselstrom-Induktionsmaschinen; Synchronmaschinen; Vollpolläufer-Synchronmaschinen; Schenkelpolläufer-Synchronmaschine; Spezielle Synchronmaschinen; Grundlagen der Gleichstrommaschinen; Betriebsverhalten der Gleichstrommaschine; Linearmotoren und Sonderbauformen; Wachstumsgesetze und Maschinenausnutzung; Maschinenprüfung.

Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann

Elektrische Antriebe SS (3/1/0), WS (0/0/2)

Pflichtfach für Elektroenergietechnik, Mechatronik, Wirtschaftsingenieure

Grundlagen und Dimensionierung elektrischer Antriebe:

Einführung; Elektromechanische Energiewandlung; Erwärmungsvorgänge; Bewegungsvorgänge; Lösungen und Anwendungen der Bewegungsgleichung; Arbeitsmaschinen; Bewegungswandler; Motorauswahl für stationären Betrieb; Motorauswahl für dynamischen Betrieb

Drehzahl- und Drehmomentsteuerung von Antrieben:

Stromrichter gespeiste Gleichstromantriebe; Pulstellerspeiste Gleichstromantriebe; Drehzahlsteuerung von Drehstrom-Asynchronantrieben; Spannungsgesteuerte Drehstrom-Asynchronantriebe; Frequenzgesteuerte Drehstrom-Asynchronantriebe; Steuerung von Drehstrom-Synchronantrieben; Stell- und Schrittantriebe

Regelung von Antrieben:

Antriebsregelungen; Geregelte Gleichstromantriebe, Geregelte Drehstromantriebe; Anwendungen: Fahrzeugantriebe; Werkzeugmaschinenantriebe, Mechatronische Systeme.

Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann

Elektromaschinendynamik (2/0/0), WS

Wahlpflichtfach für Elektroenergietechnik

Einführung in das Theoriengebäude; Dynamisches Verhalten der Gleichstrommaschine; Dynamisches Verhalten von Wicklungsanordnungen; Kraft- und Drehmomentbildung in Maschinen; Grundlagen der Raumzeigertheorie; Rechengesetze für Raumzeigergrößen; Raumzeigertheorie der Induktionsmaschine; Dynamische Betriebszustände der Induktionsmaschine; Übertragungsverhalten der Induktionsmaschine: Raumzeigertheorie der Synchronmaschine; Dynamische Betriebszustände der Synchronmaschine; Übertragungsverhalten von Synchronmaschinen; Nullsystem elektrischer Maschinen; Elektromagnetische Wellenvorgänge in Maschinen.

Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann

Geregelte Energiesysteme (2/0/0), WS

Wahlfach für alle Studienrichtungen

Einführung in die Modellierung der Regelstrecken moderner elektrischer Energieanlagen und deren Regelung, insbesondere Leistungsregelung.

Energie- und Leistungsgrundbegriffe; Synchronmaschine als Energiewandler; Modellierung von Synchrongeneratoren; Vereinfachtes Übertragungsverhalten von Synchrongeneratoren; Regelung von Synchrongeneratoren; Beispielregelung eines Turbogenerators; Asynchronmaschine als Energiewandler; Modellierung des einfach gespeisten Asynchrongenerators; Modellierung des doppelt gespeisten Asynchrongenerators; Regelung von Asynchrongeneratoren; Beispielregelung einer Windkraftanlage; Modellierung eines Solargenerators; Regelung eines Solargenerators; Netzregelung; FACTS.

Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann

Elektrische Maschinen 2 (2/1/0), SS

Wahlpflichtfach für Elektroenergietechnik

Wicklungen elektrischer Maschinen; Wicklungsentwurf; Wicklungsaufbau und -herstellung; Magnetischer Kreis; Magnetkreis mit Permanentmagneten; Magnetkreisentwurf; Stromwendung; Berechnung von Induktivitäten und Reaktanzen; Verluste elektrischer Maschinen; Erwärmung und Kühlung, Kräfte und Drehmomente; Prinzipieller Entwurfsgang; Optimierung; Entwurf einer Asynchronmaschine; Entwurf einer Synchronmaschine.

Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann

Direktantriebe und Magnetlagertechnik SS (2/0/1)

Wahlfach Elektroenergietechnik (EET) und Mechatronik (MT)

Direktantriebe

Einleitung; Torquemotoren; Hochgeschwindigkeitsantriebe; Linearantriebe; Anwendungen.

Magnetlagertechnik

Einleitung; Aktive Magnetlagerung; Passive Magnetlagerung; Auslegung von Magnetlagern; Dynamik magnetgelagerter Rotoren; Regelung eines Magnetlagers; Lagerlose Maschinen; Anwendungen

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. V. Müller

Schaltungstechnik (2/1/0)

Pflichtfach für Mechatronik und Regenerative Energiesysteme
Bauelementmodelle und Verstärker, Analoge Grundsaltungen mit Bipolar- und Feldeffekttransistoren; Stromquellen und Stromspiegel, Referenzquellen; Differenzverstärker; Leistungsverstärker; Operationsverstärker; Aktive Filter; Signalgeneratoren; Digitale Grundsaltungen; Kombinatorische und sequentielle Schaltungen.

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. V. Müller

Entwurf von Antriebssystemen (2/1/0)

Wahlpflichtfach für Mechatronik (Makromechatronik) und Elektroenergietechnik

Grundlagen und Komponenten, Mechanisches Übertragungssystem; Auswahl und Dimensionierung elektrischer Antriebe; Stellantriebe und Schrittantriebe; Netzurückwirkungen von elektrischen Antrieben; Bewegungssteuerung und Technologiefunktionen; Informationsverarbeitung in Umrichtern; Feldbusse für elektrische Antriebe; Hard- und Softwarestruktur digitaler Reglerbaugruppen; Modellbildung und numerische Algorithmen; Methoden der Systemsimulation; Rechnergestützter Entwurf (Rapid Prototyping); Modelle der Elektroenergietechnik; Entwurf und Simulation des Bandantriebs einer Gurtbandförderanlage.

Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann

Automatisierte Antriebe und Antriebsregelung SS (2/1/2)

Wahlpflichtfach für Mechatronik (MT) und Elektroenergietechnik (EET)

Elemente des Antriebssystems

Energetische Komponenten; Informationstechnische Komponenten des Antriebssystems; Signalverarbeitungseinheiten.

Automatisierte Drehstromantriebe

Umrichterspeisung frequenzgesteuerter Antriebe; Pulssteuerverfahren zur Umrichterspeisung; Steuerverfahren für umrichter gespeiste Asynchronantriebe; Dynamisches Verhalten von Asynchronantrieben; Feldorientierte Regelung einer Asynchronmaschine; Dynamisches Verhalten von Synchronantrieben; Steuerung und Regelung umrichter gespeister Synchronantriebe; Wechselwirkungen von Stellglied und Motor.

Systemintegration automatisierter Antriebe

Antriebe in Systemlösungen; Antriebssysteme mit komplexer Mechanik; Regelung von Antriebssystemen mit komplexer Mechanik; Funktionsintegrierte und Kombinationsantriebe.

Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann/Prof. Dr.-Ing. St. Bernet/Prof. Dr.-Ing. P. Schegner

Elektroenergietechnik (3/1/1)

Pflichtfach Elektrotechnik, Mechatronik Regenerative Energiesysteme

Grundlagen zu Aufbau und Wirkungsweise elektromagnetischer Energiewandler;

Elektromagnetische Energiewandlung (Durchflutungsgesetz, Flussgesetze, Magnetwerkstoffe, Magnetfelder, Induktionsgesetz, Kraft- und Drehmomentbildung, Leistungsbilanz); Leistungstransformatoren (Wechselfelder, Spannungsinduktion, Einphasentrafo, Drehstromtrafo, Anwendungen); Gleichstrommaschinen, Synchronmaschinen (Magnetfelder, Spannungsinduktion, Drehmoment, Ersatzschaltbild, Betriebsverhalten, Anwendungen); Asynchronmaschinen (Magnetfelder, Schlupf, Spannungsinduktion, Drehmoment, Ersatzschaltbild, Betriebsverhalten, Anwendung).

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. G.-H. Geitner

Leistungsflussorientierte Modellbildung (1/1/0)

Grundlagen leistungsflussorientierter Modelle, Einführung in Bondgraphen, POG und EMR, skalare und vektorielle Modelle, Systematisierung mit Faltung und Ketten, Nichtlineare Modelle, Basismodelle elektrischer Maschinen und mechanischer Getriebe mit 3 und 4 Achsen, modellbasierte Regleroptimierung SIMULINK, Erweiterungsblockbibliothek BG V2.1.

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. G.-H. Geitner

Aktorik – Teil 1 (2/0/2)

Elektrische Aktoren

Elemente zur Bewegungssteuerung, gesteuerte Aktoren, Grundprinzipien, Projektierungsgrundlagen, geregelte Aktoren, Elemente zur Leistungsflusssteuerung.

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. G.-H. Geitner

Antriebssysteme (2/1/0)

Beschreibungsmöglichkeiten für Bewegungsabläufe, Dimensionierung des elektrischen Aktors, steuerbare Motorspeisequellen, der Motor als dynamisches Übertragungsglied, kontinuierliche, quasi-kontinuierliche und diskontinuierliche Regelung elektrischer Antriebe; Einführung in Bondgraphen.

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. G.-H. Geitner

Anwendungsspezifische Echtzeitregler (2/1/0)

Quasikontinuierlicher Reglerentwurf; Grundlagen des Entwurfs diskontinuierlicher Regler; Angewandte Z-Transformation; Das Digitale Betragsoptimum (BOD); Schnelle Regler auf EEZ-Basis; Modellbildung und Nichtlinearitäten; Begrenzungsvarianten und graphische Reglerprogrammierung; Einführung in Bondgraphen als Streckenmodelle.

Dr.-Ing. N. Hildebrand

Transformatoren (2/1/1)

Leistungstransformatoren in der Elektroenergietechnik, Wachstumsgesetze und TK-Zahl; Aufbau, Ausführungsformen, stationärer Betrieb, nichtstationärer Betrieb; Wicklungsaufbau, Wicklungsausführungen; Begriffe, Isoliersysteme, Isolierstoffe für Transformatoren; Entwurf von Transformatoren: Kernausslegung, Wicklungsauslegung, Isolierungsgestaltung; Begriffe, Prinzipien, Materialien; Auslegung der Schenkelpresselemente, Kesselgestaltung; Sensoren zur Überwachung des Öls, Monitoring, EMV; Sensoren am Transformator.

2.2 Lehraufgaben im Grund- und Hauptstudium für andere Fakultäten

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. V. Müller

- Elektrische Antriebe für Maschinenbauer (2/1/0)
Wahlpflichtfach - Lehrexport für Fakultät Maschinenwesen
- Elektrotechnik für Fernstudium Maschinenbau (1/0/1)
Lehrexport für Fakultät Maschinenwesen

Dr.-Ing. N. Hildebrand

- Elektrotechnisches Praktikum (0/0/2)
Lehrexport für Fakultät Maschinenwesen

2.3 Abgeschlossene Diplom- und Studienarbeiten

Diplomarbeiten

Markus Zimmermann/ Betreuer: Dipl.-Ing. St. Tenner

„Verlustminimierung im elektrischen Antriebsstrang unter Berücksichtigung des thermischen Verhaltens der Leistungselektronik.“

Andreas Jacob/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Jung

„Erstellung eines modular aufgebauten Simulationstools zur thermischen Berechnung elektrischer Maschinen.“

Si Peng/ Betreuer: M.phil. N. Van Binh

„Verhalten des doppeltgespeisten Asynchrongenerators bei plötzlichem Netzspannungseinbruch.“

Tuan Anh Vu/ Betreuer: M. phil. N. Van Binh

„Regelung des doppeltgespeisten Asynchrongenerators unter unsymmetrischer Netzspannung.“

Maximilian Fella/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Jung

„Entwurf einer permanenterregten Axialflussmaschine in Nord-Süd-Bauart.“

Ferdinand Rüger/ Betreuer: Dipl.-Ing. H. Kasten

„Entwurf einer Drehfeldwicklung für Generatorbetrieb an einem passiven Gleichrichter.“

Christoph Kändler/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Jung

„Entwurf einer Drehmomentregelung und eines Steuerungskonzeptes für einen Pedelec-Antrieb.“

Martin Leubner/ Betreuer: Dipl.-Ing. S. Krauß

„Entwurf, Aufbau und Test einer kompakten Steuerungselektronik für den Matrixumrichter.“

Stefan Schubert/ Betreuer: Dipl.-Ing. H. Barth

„Untersuchung von GaN-HEMTs im Stromrichter für ein Magnetlager.“

Stefan Tröger/ Betreuer: Dipl.-Ing. E. Fleischer

„Modellbasierte Regelung für ein kombiniertes 3-poliges Magnetlager.“

Robert Jensch/ Betreuer: Dipl.-Ing. A. T. H. Houenouvo
„Entwurf und Aufbau eines Messsystems zur Auswertung der Mikrobürstenfeuer bei der Stromübertragung von Graphit-Bürsten zum Schleifring in doppeltgespeisten Drehstrom-Asynchrongeneratoren.“

Markus Linke/ Betreuer: Dipl.-Ing. E. Fleischer
„Implementierung eines LQG-Reglers an einem 5-achsig magnetisch gelagerten Antrieb.“

Fanny Fischer/ Betreuer: Dipl.-Ing. H. Kasten
„Entwurf eines permanenterregten Läufers für eine Axialflussmaschine.“

Rodolfo Choque/ Betreuer: Dipl.-Ing. H. Barth
„Entwurf, Aufbau, Inbetriebnahme und Charakterisierung eines Treibers für SiC-Bipolartransistoren (SiC-BJT).“

Yongliang Chen/ Betreuer: Dipl.-Ing. Y. Zhang
„Verlustarme hochdynamische Drehmomentsteuerung der Asynchronmaschine.“

Studienarbeiten

Cai Zheng/ Betreuer: Dipl.-Ing. St. Günther
Energieoptimale Regelung von permanenterregten Synchronmaschinen mit vergrabenen Magneten im Antriebsstrang.“

Dominik Malane/ Betreuer: Dipl.-Ing. F. Bahr
„Messung der Luftspaltinduktion und Untersuchung einer flussbasierten Regelung eines einachsigen aktiven Magnetlagers.“

Marcus Linke/ Betreuer: Dipl.-Ing. E. Fleischer
„Aufbau eines elektrodynamischen Schwebesystems für Demonstrationszwecke.“

Thomas Geiger/ Betreuer: Dipl.-Ing. St. Tenner
„Auslegung der passiven Zwischenkreisleitungen eines hochsetzenden Antriebswechselrichters im Kraftfahrzeug.“

Johannes Senf/ Betreuer: Dipl.-Ing. St. Günther
„Entwicklung einer Softwareumgebung zur magnetischen Feldberechnung von synchronen Reluktanzmaschinen (SynRel) für Elektrofahrzeuge.“

Max Naumann/ Betreuer: Dipl.-Ing. Th. Windisch
„Entwurf und Inbetriebnahme eines elektrisches Fahrzeugantriebs.“

Torsten Pirke/ Betreuer: Dipl.-Ing. St. Tenner
„Untersuchung zu Z-Source 3-Level NPC Invertern mit verschiedenen Ausführungen der Brückenzeige.“

Arne Brix/ Betreuer: Dipl.-Ing. St. Günther
„Energieoptimale Sollwertvorgaben für einen elektrischen Fahrzeugantrieb mit hochsetzendem Antriebsumrichter.“

Ricco Henning/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Döring
„Konstruktion eines Versuchsstandes zur Bestimmung der Vortriebskraft einer Transversalfeldreluktanzmaschine (TFRM).“

Tobias Fröhlich/Betreuer: Dipl.-Ing. St. Günther/ Dipl.-Ing. Th. Windisch
„Umsetzung einer Direkten Regelung für einen PM-Motor am Prüfstand.“

2.4 Exkursionen

Folgenden Exkursionen wurden den Studenten angeboten:

- VEM Sachsenwerk GmbH, Dresden; 20.01.2012
- WITTUR Electric Drives GmbH, Dresden, 03.02.2012

Energietechnik-Exkursion (29.05.–01.06.2012) nach Berlin mit Besuch von:

- EMIS Electrics GmbH in Lübbenau
- Kraftwerk Jänschwalde
- Converteam Berlin
- Siemens Schaltwerk Berlin
- Siemens Dynamowerk Berlin
- Continental Berlin
- IPH Berlin
- 20Hertz Transmisson GmbH.
- Siemens Generatorwerk Erfurt, 06.09.2012

21.11.2012

- Besuch des Tagebaus Welzow-Süd (bei Senftenberg), etwa 3-stündige Führung durch die Vattenfall Europe Mining AG, dabei Befahrung der wesentlichen Teile des Tagebaus und Besichtigung einiger sehr beeindruckender Tagebau-Großgeräte (Förderbrücke F60, diverse Bagger, Bandanlagen).
- Besuch des IPH (Institut Prüffeld für elektr. Hochleistungstechnik), dort Führung durch die verschiedenen Prüffelder, wahrscheinlich auch Durchführung einer Live-Demo einer Lichtbogenprüfung.

3 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

3.1 Veröffentlichungen

- [1] W. Hofmann, M. Stiebler: Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau. 23. Auflage, Kapitel V Elektrotechnik, 74 Seiten. Springer, Berlin 2012
- [2] Arias, W. Hofmann: Carrier-Based PWM for Z-Source Inverters, IEEE 38th Annual Conf. of Industrial Electronics Society IECON 2012, pp. 5274 - 5279 Montreal.
- [3] F. Bahr, M. Melzer, D. Karnaushenko, D. Makarov, D. Karnaushenko, J.I. Mönch, D. Malane, O.G. Schmidt, W. Hofmann: Flux Based Control of AMBs Using Integrated Ultra-Thin Flexible Bismuth Hall Sensors, The 13th International Symposium on Magnetic Bearings – ISMB13, Arlington, Virginia, USA, 2012.
- [4] E. Fleischer, A. Tröger, W. Hofmann: Control of a Novel Integrated Radial-Axial Magnetic Bearing, The 13th International Symposium on Magnetic Bearings – ISMB13, Arlington, Virginia, USA, 2012.
- [5] K. Benath, J. Schützhold, W. Hofmann: Projektierung der energieoptimalen Motor-Getriebe-Kombination von Servoantrieben, SPS-IPC Drives, Tagungsunterlagen 10 Seiten, 2012.
- [6] L. Chen, W. Hofmann: Speed Regulation Technique of One Bearingless 8/6 Switched Reluctance Motors with Simpler Single Winding Structure, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 59, No. 6, pp. 2592 - 2600, 2012.
- [7] E. Fleischer, S. Tröger, W. Hofmann: Development of an Active Magnetic Bearing with a Soft Magnetic Composite Core, WMMM, 2012.
- [8] S. Günther, R. Siebert, E. Beyer, W. Hofmann: Bearbeitung von Elektrolechen auf die Verluste elektrischer Fahrmotoren, EMA-Elektromobilausstellung, Nürnberg, 2012.
- [9] H.T. Houenouvo, W. Hofmann: Finite element analysis of the contact problem between graphite-brushes and -slip rings in

double fed asynchronous three-phase generators, IEEE International Conference on Power Electrical Systems - PES, Chemnitz, 2012.

- [10] H. Kasten, W. Hofmann: Combined Stator Windings in Electric Machines with Same Coils, Int. Conf. on Electrical Machines ICEM 2012, Marseille, 6 pages.
- [11] S. Krauß, N. Schwingal, W. Hofmann: Investigation of a 2/3-Step Voltage-Based Commutation Method for Matrix Converters, IEEE Applied Power Electronics Conference - APEC, Orlando, Florida, 2012, Proceedings pp. 397 – 404.
- [12] Rückert, W. Hofmann: Commutation Strategy for Minimized Common Mode Voltage Using Direct Power Control, IEEE Applied Power Electronics Conference - APEC, Orlando, Florida, 2012, Proceedings pp. 106-112
- [13] R. Suryana, W. Hofmann: Network Voltage Stability Control Supported by Wind Power Generator, IEEE Int. Conf. on Power Engineering and Renewable Energy ICPERE 2012, 6 pages
- [14] R. Suryana, W. Hofmann: Wind Power Generator Contribution to Network Frequency Stability, IEEE Int. Conf. on Power Engineering and Renewable Energy ICPERE 2012, 7 pages
- [15] Th. Windisch, W. Hofmann: Loss Minimization Control and Efficiency Determination of Electric Drives in Traction Applications, 2nd Energy Efficient Vehicle Conference, Dresden, 2012.
- [16] Th. Schuhmann, W. Hofmann, R. Werner: Improving Operational Performance and Energy Demand of Active Magnetic Bearings using Optimal State Estimation and State Feedback, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 59, no. 2, 2012 pp. 821 – 829.

3.2 Vorträge und Berichte

Vorträge ohne Publikation

- [1] W. Hofmann: LEANTEC-Motor. VDI-Workshop 2012, Elektrische Antriebe in der Landtechnik, Dresden, 27.06.2012.
- [2] W. Hofmann: Verhalten elektrischer Antriebe bei Frequenzumrichterbetrieb. 3. Essener Frequenzumrichter-Tage der HdT Essen, Essen, 13.09.2012.
- [3] W. Hofmann: Elektrische Antriebe für eine effiziente Bewegungssteuerung – eine Systemstudie. VEM – Technische Tage 2012, Wernigerode, 25.09.2012.
- [4] W. Hofmann: Elektromaschinen – Stand und Perspektiven unter den Aspekten von Energieeffizienz und Materialeinsatz, Plenumsvortrag der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, 09.11.2012

Forschungsvorträge

13.01.2012

G. Steinborn

„Thermische Berechnung einer Transversalfluss-Reluktanzmaschine.“

S. Günther

„Geberlose Regelung permanentmagneterregter Synchronmaschinen im Bereich kleiner Drehzahlen und Stillstand.“

03.02.2012

C. D. Nguyen

„Online-Parameterschätzung eines permanentmagneterregten Synchronmotors.“

24.02.2012

R. Suryana, MT

„Netzfrequenzregelung von doppelt gespeisten Asynchrongeneratoren.“

25.05.2012

H. Barth

„Bestimmung der magnetischen Materialeigenschaften von SMC- und Elektroblech-Ringproben.“

T. Windisch

„Vergleich zweier energieeffizient geregelter Traktionsantriebe.“

29.06.2012

H. Kasten

„Verkleinerung der Zusatzverluste in Asynchronmaschinen.“

Y. Zhang

„Transiente Stromverdrängung und Zusatzverluste im Kurzschlussläufer bei hochdynamischer Regelung von Asynchronantrieben.“

13.07.2012

V.B. Nguyen

„Symmetrische Komponentenzersetzung für die Regelung eines doppeltgespeisten Asynchrongenerators bei Netzspannungsfehler.“

30.08.2012

J. Döring

„Bestimmung der Ummagnetisierungsverluste einer Transversalflussreluktanzmaschine.“

07.12.2012

M. Hohmuth

„Ansteueralgorithmus für Stromrichter mit integrierten Energiespeichern“

14.12.2012

F. Klenke

„Einsatz überlagerter Achssysteme zur Lasermaterialbearbeitung“

Oberseminar

K. Arnold:

„Energieeffizienzsteigerung der Asynchronmaschine durch Flussreduktion.“

A. Loch:

„Metalle der Seltenen Erden in der elektrischen Antriebstechnik.“

M. Frydetski:

"Entwicklungstendenzen in der Antriebstechnik elektrisch angetriebener Fahrräder."

T. Fröhlich:

„Elektrische Fahrzeugantriebe – Trends und Herausforderungen.“

R. Stoll:

„Struktur, Modellbildung und Energiemanagement von Elektro- Hybrid- und Brennstoffzellen-Fahrzeugen im Vergleich.“

Wissenschaftliches Kolloquium

16.02.2012

„Hochpolige Elektromaschinen ohne Permanentmagnete (LEAN-TEC-Motor).“

M. Hohmuth, Dipl.-Ing. (FH), TU Dresden: „Wirkprinzip und Auslegungskonzepte.“

J. Döring, Dipl.-Ing., TU Dresden: „Magnetfeldsimulation und Verlustbestimmung.“

P. Hennig, Dipl. Ing. cand. , WHS Zwickau: „Wicklungskonzepte und Stromverdrängung.“

S. Linge, Dipl.-Ing., BITSz GmbH Zwickau: „Umrichtertopologien.“

P. Buchholz, Dipl.-Ing., TU Dresden: „Anwendung in Mobilten Arbeitsmaschinen.“

M. Koch, Prof. Dr., TU Ilmenau: „Anwendung im Extruder.“

Doktorandenseminar 05.09.-09.09.2012

Am Fuße des Großen Inselberges, in Mitten des Thüringer Waldes, liegt Brotterode. Umrahmt von Wiesenhängen, Wäldern und Bergen, direkt an einem der bekanntesten deutschen Wanderwege, dem Rennsteig. Für Wanderfreunde ein absolutes Muss. Mehrere unterschiedlich lange Rundwanderwege führen um unseren Ort, die in Tagestouren oder in geführten Wanderungen dem Besucher alles bieten, was das Wanderherz begehrt.

In diesem Jahr der Ort für das jährliche zusammen mit der TU Darmstadt stattfindende Doktorandenseminar.

Vorträge TU Darmstadt

- Jeongki An:
Analysis of a 40 kW High-Speed Magnetic Bearing PM Synchronous Motor
- Stefan Dewenter):
Simulation von Doppelschichtkondensatoren im Modell des gesamten Fahrzeuges
- Marko Susic:
Berechnung des Verkettungsflusses von Spulen aus der numerischen Lösungen des magnetischen Vektorpotentials
- Gael Messenger:
Torque pulsation compensation of the internal combustion engine in a parallel hybrid power train
- Fabian Mink:
Hochdynamische Stromregelung für PMSM
- Bogdan Funieru:
Accelerated 3D FEM Simulation / FEMAG 3D Status
- Kersten Reis:
Auslegung einer PMSM als Direktantriebe für Radnabenantriebe
- Yves Gemeinder:
Lagerströme in umrichter gespeisten Asynchronmaschinen
- Jinou Wang:
Technische Anforderungen an der Strommessung für sensorlose Magnetlager

- Hooshang Gholizad:
Design and Modeling of a 22 kW Variable Impedance Induction Motor



Vorträge TU Dresden

- Thomas Windisch:
Online-Optimierung mit Signaleinprägung für eine PM-Synchronmaschine mit Reluktanzanteil
- Van Binh Nguyen:
Regelung eines doppeltgespeisten Asynchrongenerators bei asymmetrischen Netzspannungsfehler
- Stephan Tenner:
Z-Source Inverter mit verbesserten Hochsetzvermögen
- Daniel Wöhner:
Flussfallen im Stirnraum von elektrischen Maschinen
- Yuanpeng Zhang:
Verlustarme Drehmomentsteuerung von hochdynamischen Asynchronantrieben unter besonderer Berücksichtigung der transienten Stromverdrängung
- Falk Bahr:
Flussbasierte Regelung aktiver Magnetlager mit ultra-dünnen flexiblen Bismut Hall-Sensoren

- Erik Fleischer:
Lineare Regelung eines dreipoligen Kombilagere
- Jörg Schützhold:
Energieeffiziente Auslegungskriterien für Pumpenantriebssysteme
- Kenneth Benath:
Projektierung der optimalen Motor-Getriebe-Kombination von Servoantrieben
- Stephan Günther:
Einfluss der Bearbeitung von Elektroblechen auf die Verluste elektrischer Fahrmotoren
- Arturo Arias:
Einfluss des Modulationsverfahrens auf die Ströme und Spannungen beim Z-Source Inverter
- Bastian Rückert:
Typografie, Formelsatz und Diagramme - Eine kleine Einführung in die Welt der Typografie
- Jakob Jung:
Lagegeber für PMSM auf Basis linearer Hall-Sensoren
- Martin Leubner:
Entwurf einer kompakten Steuerungselektronik für den Matrixrichter
- Chi Dung Nguyen:
Online-Verlustminimierung eines permanentmagneterregten Synchronmotors

Die Antriebsexkursion (ANEX) 2012

Der Begriff ANEX entstand 1967, als die damaligen Assistenten von Professor Schönfeld am Lehrstuhl Automatisierte Elektroantriebe erstmalig zu einem gemeinsamen Zeltausflug an die Talsperre Pöhl im Vogtland aufbrachen. In den Jahren von 1967 bis 1999 wurde dieser Ausflug fast jedes Jahr mit verschiedensten Zielen wiederholt, so dass sich daraus eine beliebte Tradition ergab. Da am Lehrstuhl immer neues Personal nachwuchs, initiierten die Ehemaligen in größeren Abständen die „Veteranen-ANEX“, erstmals 1987, die auch am 15./16. Juli 2012 in Dresden und Umgebung vom heutigen

Lehrstuhl Elektrische Maschinen und Antriebe ausgerichtet wurde. Von den 60 eingeladenen Ehemaligen begrüßten die Ausrichter 45 zu einem geselligen Abend in der Brauerei-Gaststätte Feldschlösschen-Stammhaus.



Die erste ANEX in Pöhl, 1967

Am nächsten Tag präsentierte Professor Hofmann aktuelle Aufgaben und Ergebnisse des Elektrotechnischen Instituts in Lehre und Forschung und insbesondere des Fachgebiets Elektrische Maschinen und Antriebe. Ausgewählte Forschungsergebnisse wurden in mehreren Fachvorträgen junger Mitarbeiter und bei einem anschließenden ausführlichen Rundgang durch die Labore vorgestellt, wobei es zu angeregten Gesprächen zwischen Alt und Jung kam.

Der Lichthof erwies wieder einmal seine hervorragende Eignung für den Mittagsimbiss zwischen den Versuchsständen. Für den Nachmittag standen die traditionellen Wanderrouten auf der Tagesordnung. Die meisten Teilnehmer entschieden sich für die 12-km-Tour zum Grab unseres verehrten Lehrers Professor Schönfeld auf dem Friedhof in Leubnitz und von dort zum Gasthof Coschütz, wo der Abend mit dem Austausch von Erinnerungen an vergangenen ANEXen, aber auch mit fachlichen Gesprächen zwischen Ehemaligen und den zur Zeit am Lehrstuhl beschäftigten Mitarbeitern recht kurzweilig verging.



Obwohl sich von den Teilnehmern nur ein Teil aus gemeinsamer Zeit im Görgebau kennt, war auch in diesem Jahr wieder erfreulich zu beobachten, dass der Austausch zwischen den Generationen hervorragend läuft. So funktioniert eine wissenschaftliche „Schule“.

Dem Bericht bleibt am Ende der Optimismus, dass diese ANEX nicht die letzte war.

Peter Büchner

Vorträge zur Anex

- **Jakob Jung:** Entwicklung des elektrischen Antriebssystems von Pedelecs (Industrieprojekt)
- **Henning Kasten:** Wirkungsgradsteigerung elektrischer Maschinen durch den Einsatz kombinierter Wicklungen
- **Sebastian Krauss:** Matrixumrichter
- **Bastian Rückert:** Kommutierungsstrategie zur Minimierung der Gleichtaktspannung in doppeltgespeisten Asynchrongeneratoren mit direkter Leistungsregelung

- **Erik Fleischer:** Einsatz von Pulververbundwerkstoffen in aktiven Magnetlagern
- **Thomas Windisch:** Autotram - Forschungsarbeiten zur Elektromobilität

3.3 Kooperation

3.3.1 Forschung und Lehre

IAESTE-Praktikantenprogramm

- **Humaid Alhammadi – UAE/** Betreuer: Y. Zhang
“Implementation of a Field Oriented Control for an induction motor”
- **Slobodan Draskovic – Serbien/** Betreuer: D. Wöhner
„Mechanische Simulation eines Lagerschildes.“
- **Ali Can Üner – Türkei/** Betreuer: F. Bahr
“Concept study and preliminary design of an axial disturbance generator for magnetic bearings.”
- **Al Mayasa Ibrahim Al Fersi – Oman/** Betreuer: H. Barth
“SiC-Transistors.”
- **Ivan Ludin – Russland/** Betreuer: R. Suryana
“Simulation of active power control of Wind Power Generator based on Doubly-Fed Induction generator”
- **Said Abdullah Al-Hasani – Oman/** Betreuer: E. Jenßen
“Direct torque control of switched reluctance machines.”
- **Juan Manuel Jimenez Covarrubias – Mexiko/** Betreuer: A. Arias
„GUI für Wechselrichter in MATLAB.“
- **Martin Fejt – Tschechien/** Betreuer: J. Schützhold
“Simulating the powerflow and enhancing the measurement-toolbox for drive-trains.”
- **Stipe Vodopija – Kroatien/** Betreuer: N. Van Binh
“Pitch Control of Wind Turbines”
- **Kyu Duk Han – Japan/** Betreuer: H. Houenouvo

"Measurement of the micro brush fires in double fed asynchronous generators."

- **Mohmoud Osama El-Sheikh** – Ägypten/ Betreuer: F. Bahr
"3D-Modelling of an Active Magnetic Bearing Test Rig"
- **Matej Frankovic** – Slowenien/ Betreuer: Y. Zhang
"Thermal Analysis of Induction Machines"
- **Oleskii Sigal** – Ukraine/ Betreuer: J. Döring
"Thermal FEM simulation of a transverse flux reluctance machine"

3.3.2 Gremien und Gutachten

Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann

- Ordentliches Mitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech)
- Ordentliches Mitglied der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig (Technikwissenschaftliche Klasse)
- Mitglied des Präsidiums der Sächs. Akademie der Wissenschaften und Sekretär der Technikwissenschaftlichen Klasse
- Member of Editorial Board of European Transaction on Electrical Power (ETEP) Wiley & Sons
- Member of Editorial Board of Electrical Engineering (Archiv für Elektrotechnik), Springer Verlag
- VDE: Mitglied des Wissenschaftlichen Büro der ETG; Vorsitz des ETG-Fachbereiches A1: Elektrische Maschinen und Antriebe; Mechatronik: Mitglied ETG-Fachausschusses A1-1: Elektrische Antriebe in Kraftfahrzeugen; Mitglied im AK19 Elektrische Maschinen und Antriebe; Mitglied im ETG-Fachbereich Q1: Leistungselektronik; Mitglied der Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik
- VDI
- EPE-Association, International Steering Committee
- IEEE: Senior Member; Industry Application Society; Power Electronics Society; Industrial Electronics Society; Reviewer IEEE Transaction on Industrial Electronics/Mechatronics
- Sondergutachter DFG, VW-Stiftung.

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. G.-H. Geitner

- Reviewer IEEE Industrial Electronics Society Conference
- Reviewer IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference.

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. V. Müller

- VDE
VDI-FA 823 Motion Control.

Dr.-Ing. N. Hildebrand

- VDE
VDE-Arbeitskreis 19 "Elektrische Maschinen und Antriebe".

Prof. Dr.-Ing. Heinz-Dieter Eberhardt

- VDE
VDE-Arbeitskreis 19 „Elektrische Maschinen“ .

3.4 Auszeichnungen

- Best Paper Award:
R. Suryana, W. Hofmann: "Wind Power Generator Contribution to Network Frequency Stability", IEEE Int. Conf. on Power Engineering and Renewable Energy ICPERE 2012
- Innovationspreis:
IQ-Innovationspreises der Wirtschaftsinitiative Mitteldeutschland für Leantec-Motor gemeinsam mit Bündnispartnern im Wachstumskern

3.5 Nachruf



Doz. Dr.-Ing. habil. Karl-Heinz Kunckel, 1944 – 2012

Doz. Dr.-Ing. habil. Karl-Heinz Kunckel ist im Alter von 67 Jahren nach langer schwerer Krankheit am 9. März 2012 in Blaubeuren verstorben. Wir nehmen Abschied von einem engagierten Ingenieur, Wissenschaftler und Hochschullehrer, der auf dem Gebiet der Transformatoren und Messwandler im universitären und industriellen Umfeld tätig war. Karl-Heinz Kunckel wurde am 30. Juni 1944 in Sonneberg/Thüringen geboren. Nach dem Abitur und einer Maurerlehre nahm er 1962 ein Studium der Elektrotechnik an der TU Dresden auf, wo er 1968 diplomierte und 1972 zum „Dr.-Ing.“ promovierte. Nach einer mehrjährigen Assistenz- bzw. Oberassistentenzeit am Lehrstuhl Transformatoren und Messwandler wechselte er 1977 in die Industrie zum VEB Kombinat Carl-Zeiss-Jena. 1983 kehrte er an die Universität als Außerordentlicher Dozent für Starkstrommesstechnik zurück und habilitierte sich 1986 zum „Dr. sc. techn.“.

1990 wurde er in den Wissenschaftlichen Rat der TU Dresden gewählt. Nach der Wende wechselte er von der Wissenschaft in die Politik. Seine besondere rhetorische Begabung führte ihn bis in Spitzenfunktionen der SPD und des Landtags in Sachsen. Sein politisches Engagement wurde im Jahre 2000 mit der Sächsischen Verfassungsmedaille und dem Sächsischen Verdienstorden gewürdigt. Karl-Heinz Kunckel war neben der Wissenschaft und Politik ein vielseitig interessierter Mensch mit künstlerischen Neigungen und unterwegs als alpiner Hobby-Bergsteiger. Die Angehörigen des Lehrstuhls werden Karl-Heinz Kunckel ein ehrendes Andenken bewahren.

4 FORSCHUNG

4.1 Forschungsprofil

Das Forschungsprofil des Lehrstuhles Elektrische Maschinen und Antriebe ist geprägt durch folgende Forschungsgebiete und -bereiche:

- Grundlagen: Methodik, Modellierung, Simulation, Werkzeuge
- Magnetlager, Mechatronik
- Regenerative Energien: Windenergietechnik, Generatoren
- Hybrid- und Elektroauto: Fahrmotoren, Regelung, Stromrichter
- Kühlung elektrischer Maschinen
- Stromrichter, Industrieelektronik

4.2 Forschungsprojekte

DFG-Projekte

1. Energieoptimale Drehstromsteuerung und Auslegung von hochdynamischen Asynchronantrieben unter besonderer Berücksichtigung der transienten Stromverdrängung
DFG – HO 1483/60-1, 2011 – 2013
2. Generalized Space Vector Modulation for Impedance Source Inverters Applied to Fuel-Cell-Based Isolated Electric Power Generation
DFG - HO 1483/53-1, 2008 - 2012
3. Direkte Leistungsregelung (DLR) zur Rotorspeisung von doppelt-speisenden Drehstrom-Asynchrongeneratoren mit optimaler Gleichtaktspannungsbildung
DFG - HO 1483/43-1, 2006 - 2012
4. Energieoptimaler Beschleunigungsantrieb und Downsizing-Schleifen.
DFG HO 1483/57-1, 2009 - 2012

5. Diagnose von Mikrobürstenfeuer bei Reibkontaktierung von Graphit/Graphit-Bürsten/Schleifring-systemen.
DFG HO 1483/54-1, 2009 - 2013
6. Verlustarme magnetische Radial-/Axiallagerung unter Verwendung von Pulververbundwerkstoffen.
DFG HO 1483/55-1, 2009 - 2013
7. Sensorunterstützte Einschrittkommutierung in Frequenzumrichter.
DFG HO 1483/52-2, 2010 - 2012
8. Direkte Regelung der Netz- und Lastgrößen eines Matrixumrichters mit optimalen netz- und lastseitigen Filtern. DFG HO 2010 – 2012
9. Verlustarmer Umrichter mit SiC-Bipolartransistoren durch angepasstes Treiberdesign und Schätzung des Laststromverlaufes.
DFG HO 1483/62-1, 2012-2014
10. Energieoptimale Bewegungssteuerung von Wickel- und Stellantrieben mit variabler Getriebeübersetzung
DFG-HO 1483/63-1, 2012-2015

Industrieprojekte

1. Energieeffiziente elektrische Antriebe mit Außenläufermotoren für den Aufzugsbau
2012 -
2. F/E-Arbeiten zur intensiven Kühlung von Transnormmotoren
2010 - 2014
3. Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet Wasserkraftgeneratoren.
2003 - 2014
4. F/E-Arbeiten auf dem Gebiet der Stromrichtererregung von Generatoren
2012 - 2013
5. F/E-Arbeiten zu BLDC-Motoren für Elektrowerkzeuge
2012 - 2013
6. F/E-Arbeiten zu einem Fahrmotor mit Z-Source-Inverter
2012 - 2013

7. Studie zur Weiternutzung von Generatoren in Kernkraftwerken
2011 - 2012
8. Permanenterrregte Synchronmotoren für Hochgeschwindigkeits-
anwendungen.
2011

FVA Forschungsvereinigung Antriebstechnik

Auswahlkriterien für energieeffiziente elektrische Antriebe
2012-2013

BMBF

Wachstumskern Auto-Tram – Verbundprojekt: Verkehrssystemtech-
nik für hochkapazitive, nachhaltige Transportsysteme zwischen Bus
und Bahn.
2008 – 2012

Wachstumskern LEANTEC-Antrieb - Verbundprojekt: Grundlagen
und Untersuchung zu Rotor und Stator; Auslegung, Optimierung und
Prüftechnik; Anwendungsspezifische Antriebsregelung und Mo-
torerprobung.
2011 - 2014

AiF

Entwicklung einer fahrdynamikabhängigen Antriebssteuerung für
straßentaugliche Elektrofahrzeuge.
2009 – 2013

Entwicklung und prototypische Realisierung eines energieoptimalen
Zufuhrsystems für Verpackungsmaschinen
2010 - 2012

SAB

Low Energy Living; 2009-2012

4.3 Ausgewählte Forschungsergebnisse in Kurzform

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. G.-H. Geitner

Systematisierung von leistungsflussbasierten Modellen

Ziel der Forschung ist eine Systematisierung leistungsflussbasierter Modelle dynamischer Systeme. Untersuchungen möglicher Verbindungen führen zunächst zu den Typen skalar und vektoriell. Table I gibt Eigenschaften auf Basis von Bondgraphen an. Punkt b, von Typ I führt von vornherein zu positiven Effekten bei Fokussierung auf die innere Funktionsweise, d.h. den Leistungsfluss, und gewährleistet im Unterschied zu anderen Methoden die Ableitung mathematischer Gleichungen *nach* der Modelbildung. Trotz Einsatz von Typ I kann sich die Modellierung gegenseitiger Beeinflussungen skalarer Teilsysteme ergeben und damit die Verwendung spezieller Elemente. Beispiele für Typ I sind Gleichstrommaschine, elastische Welle oder Liftmagnet. Vertiefte Analysen vektorieller Modelle führen zu Typ II und III. Table I verweist auf Koordinatentransformation und Komponentendarstellung als Grundlage für Typ II. Weitere Untersuchungen von Typ II führen zur Unterscheidung von Systemen, die gefaltet werden können und somit einfach unterschiedliche Modellbildungsebenen erlauben (z. B. elektrische Maschinen), und zu Systemen mit holonomischen Beschränkungen die eine Ordnungsreduktion implizieren und durch äquivalente Varianten auf gleicher Ebene modellierbar sind (z. B. Leistungsverzweigungen). Graphische Beschreibungen für Typ III Systeme basieren auf skalaren Basissegmenten in Schritt eins (z.B. Kelvin-Vogt-Element) und einer beliebigen Anzahl dieser Segmente bei sehr kompakter vektorieller Modellierung des Gesamtsystems (z.B. Förderband) in einem zweiten Schritt.

Systematization of power flow based models

The research targets at systematization of power flow based models for dynamic systems. Studying possible connections of power flow model elements firstly leads to types scalar and vectorial. Table I identifies features of both types based on Bond Graphs. Feature b, of type I may cause various positive effects by concentration on the inner mode of operation, i.e. the power flow, at the outset and unlike other methods assured equation generation *after* that only. Even if type I is applied there exist cases requiring the description of mutual influences of scalar parts of the system. Thus already scalar

modelling may need the definition of non-basic elements. Examples are DC machine, elastic shaft or solenoid. More detailed studies of vectorial models result in type II and III. Table I makes clear that graphical system descriptions of type II are based on coordinate transforms and representations via components. An continuative study of type II systems leads to a subdivision in systems which may be folded and therefore easily allow different modelling levels (e.g. electric machines) and systems with holonomic constraints which take an order reduction and thus may be modelled via several completely equivalent variants of same level (e.g. power split devices). Graphical representations of type III systems take advantage of scalar described basic segments in a first step. An arbitrary number of such segments may be incorporated via very compact vectorial modelling in a second step. The Kelvin-Voigt element representative demonstrates the idea of a type III basic segment as starting point of belt conveyor modelling for one.

Table I: Comparison of modelling connection types (mixed systems: type IV)

Type I: scalar	Type II and III: vectorial
<ul style="list-style-type: none"> a) All connections between the elements are of type scalar b) Direct modelling of easy systems without math. equations is possible c) Different parts of the system may be connected by field elements with parameters of type matrix 	<ul style="list-style-type: none"> a) Connections between elements typically or partly of type vectorial b) Summing up of components of same background to vectorial connections c) Parameters typically or partly of type vector respectively matrix d) Parameters of type vector connect scalar and vectorial model parts
Type II: different components of a system	Type III: a number of same basic segments
<ul style="list-style-type: none"> a) System description based on a coordinate system b) Coordinate transform optionally included c) Folding of similar parts of the system for a most compact modelling d) Definition of equivalent systems based on holonomic constraints 	<ul style="list-style-type: none"> a) Subdivision of greater, extensive systems of typically homogenous state in segments of equal conditions b) The parameters of each segment are typically equal, but it is no precondition c) The system may feature a feedback, but this is no precondition

Entwurf, Aufbau und Test einer kompakten Steuerungselektronik für den Matrixumrichter

Im Zuge der Anwendung neuartiger Regelverfahren für den direkten Matrixumrichter (DMC) steigen auch die Anforderungen an die Steuerelektronik. Am Versuchsstand des Lehrstuhls für elektrische Maschinen und Antriebe der TU Dresden soll der DMC als Antriebsumrichter eingesetzt werden. Umgesetzt wird momentan eine direkte Drehmomentregelung (DTC) für eine Asynchronmaschine. Laut (Vas, 1998) sind $25 \mu\text{s}$ optimal als Zyklusdauer für die DTC geeignet. Mit dem bisher am Versuchsstand verwendeten dSPACE System DS1104 sind aufgrund langsamer Analog-Digital-Wandler nur $40 \mu\text{s}$ Zykluszeit möglich. Weitere Einschränkungen entstehen bei der Realisierung einer PWM-basierten feldorientierten Regelung durch eine nicht ausreichende Anzahl von synchronisierbaren PWM-Kanälen. Um diese Begrenzung aufzuheben, wurde eine eigene Steuerelektronik entwickelt, da im Handel erhältliche Plattformen für die überwiegend verwendeten Zwischenkreisumrichter optimiert sind. Diese basiert auf einem neuartigen Digitalen-Signal-Controller der Firma Texas Instruments. Er erfüllt alle Anforderungen an die Hardware und besitzt darüber hinaus auch mehr Analog-Digital-Wandler. Das ermöglicht die Umsetzung komplexerer Steuer- und Regelverfahren am Matrixumrichter. Gleichzeitig wurde das zur Kommutierung verwendete FPGA-Modul mit auf die Platine integriert, um den Gesamtaufbau der Steuerelektronik zu verkleinern und damit EMV-Probleme zu vermeiden. Das neue System wurde bereits erfolgreich getestet (Figure 1) und es konnten Zykluszeiten kleiner $25 \mu\text{s}$ für eine DTC erreicht werden.

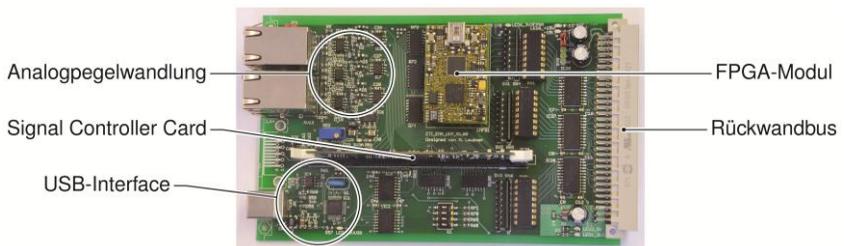


Figure 1: Neuentwickelte Steuerelektronik

Design, assembly and test of a compact control platform for direct matrix converter

Using new control strategies for direct matrix converter (DMC) the standards for a control platform are increasing. At the test stand of the chair in electrical machines and drives at TU Dresden the DMC is used as a drive converter. A direct torque control (DTC) is realized in combination with an induction machine. In (Vas, 1998) 25 μs is mentioned as the optimal cycle time for DTC. With the actual used dSPACE control system DS1104 only 40 μs can be achieved because of slow analogue-digital-converters. Additional limitations appear by implementing a pwm based field oriented control seeing that there are a not adequate number of pwm channels that can be synchronized. To neutralise this restriction an own control system has been developed, owing to the fact that buyable platforms are optimised for voltage and current link converters. The system is based on a modern Texas Instruments digital signal controller. It meets all requirements and in addition has more analogue-digital-converters. This makes it possible to research even complex control strategies for the DMC. Simultaneously the FPGA-module which is used to achieve a save commutation had been integrated in the new platform to reduce EMC-problems. The new system has been tested successfully with a DTC cycle time of lower than 25 μs .

Untersuchung des Multiphysik-Kontaktproblems im Schleifringssystem doppelgespeister Asynchrongeneratoren (DASG)

Beschreibung

Zur Generierung der Rotorströme in Windkraftanlagen werden DASG eingesetzt. Diese Ströme werden vom Rotor über Bürsten und Schleifringe übertragen, siehe Figure 2 und einem Frequenzumrichter ins Netz gespeist, siehe Figure 1.

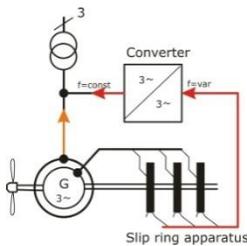


Figure 1: Principle of double-fed asynchronous three-phase generator (Würfel, 2007)

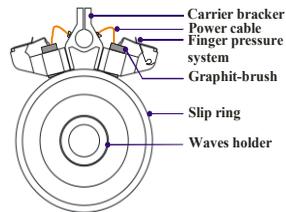


Figure 2: Sketch view of a slip ring system

Ergebnisdarstellung

Die erste theoretische Behandlung der Kontaktprobleme erfolgte mittels Potentialtheorie und wurde von HERTZ durchgeführt (Hertz, 1881). Im untersuchten System treten zusätzlich zum reinen Kontaktproblem auch elektrische und thermische Einflüsse auf, die zur Komplexität des Forschungsvorhabens führen (Houenouvo A., 2012).

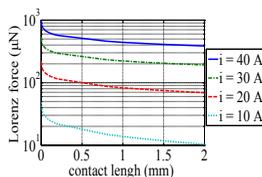


Figure 3: Lorenz force in the contact area at different current amplitudes in dependence of the contact

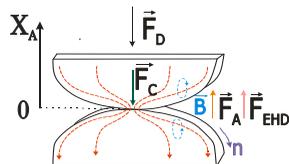


Figure 4: Model of the flow constriction at a contact point length

Die entstehende Kontaktkraft F_C (siehe **Gleichung 1**), basierend auf der ausgeübten Druckfingerkraft F_D , wird von anderen Faktoren wie der elasto-hydrodynamischen Kraft F_{EHD} und der Reibkraft im Kontaktbereich F_R aufgrund der Drehzahl n , den Abhebkräften F_A , siehe (Reynolds, 1876), (Holm, 2000), abhängig vom durchfließenden Strom (siehe **Figure 3 und 4**) und der Druckfingerkraft F_D , sowie Staub, Ölfilme, Salz-, Fett- und Silikongehalt stark beeinflusst. Die Beschleunigungskraft der Bürste F_B hängt auch von der Drehzahl ab. In (Houenouvo A., 2012) wurden anhand numerischer Berechnungen ausgewählte Parameter in Abhängigkeit von der Druckfingerkraft- und der Drehzahländerung dargestellt und deren gegenseitige Einflüsse erläutert.

$$F_C = F_D - (F_R + F_B + F_{EHD} + F_A) \quad (1)$$

Investigation of the multiphysic problem in double-fed asynchronous generators in Wind turbines (DASG)

Description

The double feed asynchronous generators are used to transfer the rotor current in the wind turbines. The obtained rotor current flows between the graphite-brushes and the slip rings, passing through a frequency converter into the electrical grid (see **Figure 1**).

Results

The potential theory of the contact problem will be investigated by the first time by HERTZ (Hertz, 1881). In addition to the conventional contact problem, we have also the thermal and electrical influences that lead to the complexity of this project (Houenouvo & W., 2012). The equation (1) shows all forces that appear in the system. The contact force F_C results from the sum of the pressure finger force F_D , the friction force F_R and the elasto-hydrodynamic force F_{EHD} in the contact range between the brush and the slip ring which depends on the speed n , the acceleration force F_B of the brush due to the motor speed n and the electromagnetic Lorentz force F_A , (Reynolds, 1876), (Holm, 2000). On the numerical basis, some parameters depending on F_D and speed n changing (Houenouvo A., 2012).

Bestimmung der magnetischen Materialeigenschaften von SMC- und Elektroblech-Ringproben

Im Rahmen des LEANTEC-Projekts wird ein neuartiger Antriebsmotor nach dem Transversalflussprinzip entwickelt. Das Verbundprojekt 1 „Rotor und Stator“ beschäftigt sich unter anderem mit der Auslegung des magnetischen Kreises. Es sollen für den Elektromotorenbau neue Materialien und Materialkombinationen, wie z. B. weichmagnetische Pulververbundwerkstoffe, zum Einsatz kommen.

Am Lehrstuhl für elektrische Maschinen und Antriebe werden dazu Ringproben aus verschiedenen SMC-Materialien (Soft Magnetic Composites) und Elektroblechen untersucht. Ein fertig präparierter Prüfling ist in **Figure 1** zu sehen.



Figure 1: Bewickelte Ringprobe

Die Bestimmung der magnetischen Materialeigenschaften wie Magnetisierungsbedarf, Permeabilität und Eisenverluste erfolgt nach DIN EN 60404-6. Besonders von Bedeutung sind dabei die Messdaten bei sehr hoher Induktion und gleichzeitig hoher Frequenz, da die auftretenden Frequenzen beim Transversalflussmotor deutlich größer als 50 Hz und Induktionen größer als 1 T sein können.

Eine erste Auswertung der Messergebnisse zeigt, dass es bei den SMC-Materialien wie auch bei den Elektroblechen große Qualitätsunterschiede gibt. Die frequenzabhängigen Eisenverluste der jeweils zwei besten SMC- und Elektroblech-Ringproben sind exemplarisch in **Figure 2** dargestellt. Die Werte der Elektrobänder wurden zu dem noch mit einem Bearbeitungsfaktor von 1.5, der sich durch das Stanzen und Paketieren der Bleche ergibt, multipliziert. Das SMC-A-Material ist im Vergleich zum Elektroband EB-A, das speziell für hochfrequente Anwendungen optimiert wurde, durchaus konkurrenzfähig.

Determination of magnetic properties of ring-shaped test pieces consisting of SMC and electrical sheets

In line with the LEANTEC project a new electric motor based on the transverse flux principle is designed. The joint research project 1 "rotor and stator" deals among other things with the design of the magnetic circuit.

New materials and material-combinations with reference to the design of electrical motors, e.g. soft magnetic composites, are supposed to be used.

At the department of electrical machines and drives the magnetic properties of several ring-shaped test pieces made of soft magnetic composites (SMC) and electrical steel sheets are the subjects of research activities. A prepared test sample is shown in **Figure 1**. The magnetic properties like magnetization curves, permeability and iron losses are measured according to the DIN EN 60404-6. Especially the data at high induction and high frequency is of great interest, because there are frequencies much greater than 50 Hz and inductions higher than 1 T in a transverse flux machine.

A first evaluation of the measurement data shows, that there are different qualities of SMC materials as well as electrical sheets. The frequency-dependent iron losses of the two best SMC materials and electrical sheets, respectively, are displayed in **Figure 2**. The values of the electrical sheets have been multiplied by a processing factor of 1.5 due to the influence of stamping and packetizing. The SMC-A material can definitely compete with the best electrical sheet, though.

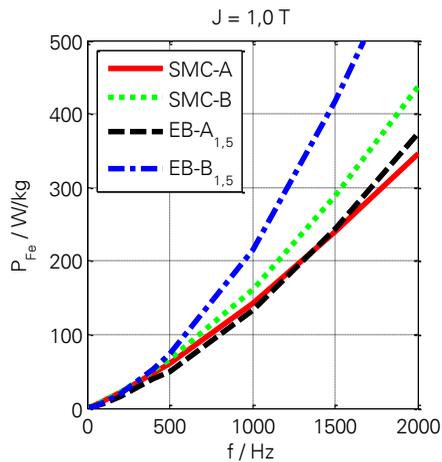


Figure 2: Frequenzabhängige Eisenverluste

Bestimmung der Eisenverluste einer Transversalfluss-Reluktanzmaschine

Im Rahmen des vom BMBF geförderten „Leantec“-Projekts wird eine hochpolige Transversalfluss-Reluktanzmaschine (TFRM) untersucht und optimiert (vergl. Jahresbericht 2011). Diese soll eine sehr hohe Leistungs- und Drehmomentdichte aufweisen und erfordert daher die Ausnutzung des Magnetkreises bis in den gesättigten Bereich.

Die Hochpoligkeit erfordert elektrische Frequenzen im unteren Kilohertzbereich und verursacht in Kombination mit den hohen magnetischen Flussdichten hohe Eisenverluste im magnetischen Aktivmaterial. Aus Gründen der geringen spezifischen Eisenverluste aber auch aus fertigungstechnischen Gründen wird SMC (weichmagnetische Pulververbundwerkstoffe, engl. Soft Magnetic Composites) für das Aktivmaterial verwendet.

Aufgrund ihrer Charakteristik werden TFRM nicht mit sinusförmigen Phasenströmen gespeist (siehe **Figure 1 und 2**).

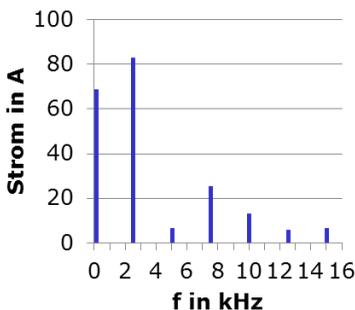


Figure 1: Spectrum of phase winding current at 1000 rpm

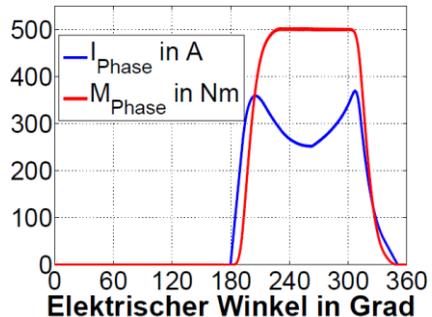


Figure 2: Phase winding current and torque

Die elektrischen und magnetischen Größen weisen ein Frequenzspektrum mit Gleichanteil auf. Daher eignet sich die in der Literatur weitverbreitete Gleichung zur Berechnung der Eisenverluste aus Referenzmessungen mit sinusförmiger Aussteuerung nicht. Um die Eisenverluste für nichtsinusförmige Aussteuerungen berechnen zu können, wurde ein Algorithmus nach Tellinen (A Simple Scalar Model of Magnetic Hysteresis, IEEE Transactions on Magnetics, 1998)

verwendet. Dieser basiert auf Messwerten einer weit ausgereichten Hystereseschleife und approximiert in Abhängigkeit von Auf- oder Abmagnetisierung, wird die magnetische Permeabilität. Somit ergibt sich die B-H-Kurve beliebig zeitabhängiger magnetischer Felder.

Aus den gewonnenen B-H-Kurven und ihrer Zeitabhängigkeit lassen sich die Hysterese- und Wirbelstromverluste bestimmen. Messungen an Ringkernproben zeigen gute bis sehr gute Übereinstimmungen mit den Simulationsergebnissen.

Determination of core losses of a transverse flux reluctance machine

A transverse flux reluctance machine with high pole number is developed and optimized within the "Leantec"-project, funded by the BMBF (see annual report 2011). The goal of development is a motor with high power and torque density without the use of permanent magnets. Therefore the magnetic circuit needs to be driven deep into saturation.

The high pole number results in high electric frequencies, which causes in combination with high magnetic flux densities high core losses. Due to its low specific core losses and for reasons of manufacturing, SMC (Soft Magnetic Composites) is used as active material.

Due to its characteristic TFRM are fed with non-sinusoidal phase winding currents (see **figure 1 and 2**). The electrical and magnetic fields show a wide frequency spectrum with DC component. Because of that the common equation which calculates the core losses based on a sinusoidal reference-measurement cannot be used. Instead an algorithm presented from Tellinen (A Simple Scalar Model of Magnetic Hysteresis, IEEE Transactions on Magnetics, 1998) is used. It is based on the measurement of a hysteresis loop driven into saturation. The algorithm calculates the magnetic permeability, whereas it differentiates between magnetization and demagnetization.

The hysteresis and eddy current losses can be calculated from the resulting B-H curve and its time dependency. The used algorithm shows a good correlation with measurements.

Regelung eines neuartigen integrierten Magnetlagers

Im Rahmen des von der DFG geförderten Projektes „Verlustarme magnetische Lagerung“ wurde ein neuartiges dreipoliges aktives Magnetlager entworfen, welches mit einer möglichst einfachen Struktur sowohl radiale als auch axiale Kräfte erzeugen kann. Gleichzeitig wird beabsichtigt die Rotorverluste des Lagers zu minimieren, welche insbesondere in Vakuumanwendungen wie Turbomolekularpumpen kritisch sind.

Die unten dargestellte Struktur des Lagers ähnelt in der Frontansicht links einem dreipoligen Heteropolarlager, welches um einen axialen Rückschluss, wie er rechts in **Figure 1** im Querschnitt dargestellt ist, erweitert wurde. Somit können drei unabhängige Flüsse eingestellt und so zwei radiale und eine axiale Kraft kontrolliert werden. Ermöglicht wurde diese Struktur mit ihrer 3D-Flussverteilung durch den Einsatz von Pulververbundwerkstoffen.

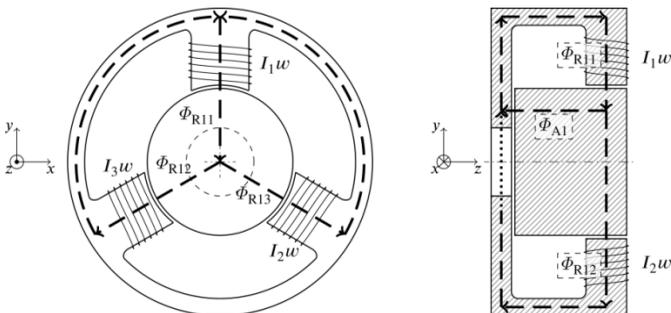


Figure 1: Principle of the combined bearing

Für die Regelung dieses Lagers wurde sowohl ein linearer als ein nichtlinearer Ansatz entwickelt und simulativ verifiziert.

Im Weiteren konnte die nichtlineare Variante bereits an einem Versuchsstand mit Hilfe des Echtzeitsystems DS1103 der Firma dSpace implementiert werden und erfolgreich getestet werden. Im Diagramm in **Figure 2** ist das Ergebnis erster Tests im Stillstand dargestellt. Dargestellt sind die Sprungantwort einer Radialachse (X) und die Querkopplung auf die andere (Y). Obwohl der nichtlineare Ansatz theoretisch eine perfekte Entkopplung bieten sollte, wurde dennoch eine gewisse Verkopplung festgestellt.

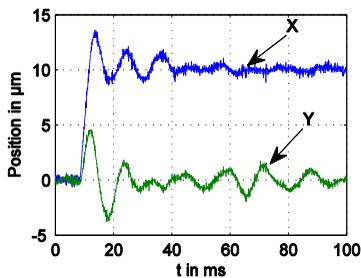


Figure 2: Measured step response

Es konnte ein stabiler Betrieb des Lagers ohne Vormagnetisierung realisiert werden. Es verbleiben weitere Tests bei drehender Maschine und eine Vermessung der tatsächlichen Rotorverluste um die erwartete Verringerung dieser nachzuweisen und zu quantifizieren.

Control of Integrated Radial-Axial Magnetic Bearing

In the context of the DFG funded project “Low Loss Magnetic Bearing” a novel three pole active magnetic bearing has been designed which integrates both radial and axial force generation in a simple bearing structure. At the same time the design aims at minimizing rotor losses which are critical in high speed machines especially in vacuum applications.

The front view of the bearing shown in **Figure 1** is quite similar to the three pole heteropolar bearing, which has been extended with an axial back iron. Thus three independent flux path’ can be controlled and therefore two radial forces and an axial one can be set. This structure with its 3D flux distribution has been made possible by the application of Soft Magnetic Composites.

For the control of the bearing both a linear and a nonlinear approach have been developed and verified in simulations.

The nonlinear one has already been implemented on a test rig using the realtime system DS1103 made by dSpace and was successfully tested. The plot above shows the initial results at standstill. The step response of one radial axis (X) is shown together with the cross coupling onto the other radial axis (Y) in Figure 2. In theory the nonlinear approach should eliminate the cross coupling between the two radial axes, the. Still, some of it is visible in the measurement results.

Nevertheless a stable levitation without a bias flux was achieved at standstill. Ongoing work is focused at tests with a rotating shaft and the measurement of the actual rotor losses.

Einfluss der Bearbeitung von Elektroblechen auf die Verluste elektrischer Fahrmotoren

Es ist bekannt, dass die durch die mechanische Konturgebung (Stanzen) in das Elektroblech des Motors eingebrachten mechanischen Spannungen zu einem schlechteren magnetischen Verhalten führen. Die resultierenden höheren spezifischen Eisenverluste sowie verminderten Permeabilitäten haben eine Wirkungsgradverschlechterung des Antriebs zur Folge.

Die magnetischen Parameter des Elektrobands werden im Allgemeinen nach DIN EN 60404-2 gemessen. Diese Messergebnisse gelten jedoch nur für Einzelblechstreifen mit einer Breite von 30 mm. Bei den daraus abgeleiteten Datenblattangaben der Blechhersteller sind zusätzliche Verluste aufgrund von Bearbeitungseinflüssen entsprechend nicht berücksichtigt. Daher erfolgten umfangreiche Messungen der magnetischen Materialeigenschaften an Epsteinstreifen unterschiedlicher Breite zur Abbildung des sogenannten Schnittkanteneffekts. Die Messungen bestätigten die deutliche Abhängigkeit der Eigenschaften von der Streifenbreite. Es gilt: Je schmaler der Streifen, desto stärker ist die magnetische Degeneration ausgeprägt.

Die messtechnisch bestimmten spezifischen Eisenverluste sowie Magnetisierungskennlinien wurden einer exemplarischen Synchronmaschine mit vergrabenen Magneten im Rahmen einer FEM-Berechnung zugewiesen. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass eine deutliche Vergrößerung der Eisenverluste durch Berücksichtigung der Bearbeitung auftritt. Für den untersuchten Motor liegt der Anteil der zusätzlichen Eisenverluste durch Fertigungseinflüsse bei ca. 12 %. Bei

Breite b von Zahn/Joch in mm	Korrekturfaktor K_{cut}
3	1,46
4	1,34
5	1,26
6	1,21
7	1,17
8	1,14
9	1,12
10	1,10
15	1,05
20	1,03
25	1,01
30	1,00
35	0,99
40	0,99

Tabelle 1: Korrektur der Eisenverluste für Güte M330-35A bei Bearbeitung mit Schlagschere

elektrischen Maschinen mit noch geringeren Breiten von Statorzahn-/joch ist im Vergleich zum Beispielmotor mit einem weiteren Anstieg der Eisenverluste zu rechnen. Für eine schnelle und einfache Abschätzung der Schnittkantenverluste wurden Korrekturfaktoren eingeführt (siehe **Tab. 1**). Weiterhin hat sich gezeigt, dass sich die Kupferverluste aufgrund der schlechteren Magnetisierbarkeit im Bereich der Schnittkante nur geringfügig erhöhen ($< 1\%$).

Influence of the cutting of electric steels on the losses of electric vehicle traction machines

It is well known that the manufacturing process (for instance punching) causes mechanical stress within the steel sheets. The resulting deterioration of the lamination properties leads to higher specific iron losses and reduced permeabilities. This results in a lower efficiency of the electric drive.

In general, the magnetic properties of the steel sheets are measured according to DIN EN 60404-2. This DIN standard suggests to measure on single 30 mm wide steel strips. It is obvious that the resulting derived data sheet specifications of the steel sheet manufacturers don't consider any additional losses due to the cutting process. To get the influence of the cutting edge effect, extensive measurements on Epstein strips of different size have been made. The measurement data confirm a strong dependency of the properties on the strip width. The smaller the steel strip the stronger the magnetic degeneration.

On the basis of the measured specific iron losses and magnetisation characteristics, the magnetic field of an exemplary synchronous motor with buried magnets has been calculated for different operating points by using the finite element method. The results have shown a considerable increase of the iron losses due to the cutting process. These additional iron losses are approximately 12 % for the analysed motor. A further increase of this loss portion is expected for machines with smaller stator teeth and yoke widths than these of the exemplary motor. For a fast and simple estimation of cutting edge losses, correction factors have been introduced (see **Table 1**). Furthermore, it has been shown that there is just a negligible increase of copper losses due to a worse magnetizability in the area of the cutting edge ($< 1\%$).

Prädiktive Drehmomentregelung von hochpoligen geschalteten Reluktanzantrieben

Gegenstand der Untersuchungen im vom BMBF geförderten regionalen Wachstumskern „Leantec“ ist ein hochpoliger geschalteter Reluktanzantrieb in Transversalflussbauweise.

Aufgrund der hohen Polzahl und der damit verbundenen hohen elektrischen Frequenzen vergrößern sich die Kommutierungsabschnitte. Um das Gesamtmoment als Summe der Phasenmomente seinem Sollwert während der Phasenkommutierung nachzuführen, ist entweder eine extrem hohe Regelungsbandbreite mit entsprechendem Hardwareaufwand erforderlich oder eine Vorhersage der Maschinenzustände anhand eines möglichst exakten Modells. Da die Aktivteile des Zielantriebs im Entwicklungsprozess ständigen Änderungen unterworfen sind und FEM-Simulationen sich wegen der dreidimensionalen Flussführung und kleinen Luftspaltweite als zeitintensiv herausgestellt haben, ist eine Modellbildung gewählt worden, die mit einer geringen Datengrundlage aus Messungen bzw. FEM-Simulationen eine gute Vorhersage des stark nichtlinearen Maschinenverhaltens auch im gesättigten Arbeitsbereich verspricht.

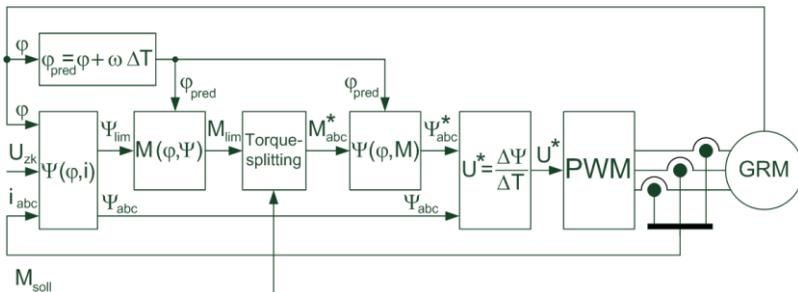


Figure 1: Regelungsstruktur - structure of control

Als Ansatzpunkt für eine Vorhersage der Maschinenzustände wurde die maximale Änderung der Phasenflussverkettungen infolge der zur Verfügung stehenden Zwischenkreisspannung identifiziert. Zusammen mit den als bekannt vorausgesetzten Messgrößen Rotorlagewinkel und Phasenstrom, anhand derer die aktuelle Flussverkettung berechnet werden kann, ist es möglich die Grenzen der Flussverkettung nach einem festgesetzten Zeitintervall zu bestimmen. Unter der

Annahme einer langsamen Drehzahländerung lassen sich dann die Grenzen der Flussverkettung auf das Drehmoment abbilden. Mit Berücksichtigung der Drehmomentgrenzen wird dann das Sollmoment auf die auf- und die abkommutierende Phase aufgeteilt. Schließlich wird aus den so ermittelten Phasensollmomenten über die zugehörigen Flussverkettungen eine Phasenreferenzspannung ermittelt und von einer Pulsweitenmodulation der Maschine geprägt.

Predictive torque control for switched reluctance drives with large pole numbers

The object of interest in the project “Leantec” promoted by BMBF is a switched reluctance drive with a large number of poles and a transverse flux design.

Due to the large number of poles and thereby arising electrical frequencies the commutation intervals increases. To adjust the overall torque as a sum of the phase torques to its reference value during commutation either an extremely high control bandwidth with extensive hardware requirements is necessary or the machine states are to be predicted by a proper machine model. Because of persistent changing geometry of the machine’s active components in development process and the long computation times of FEM-simulation caused by the spatial paths of flux as well as very small air gaps, a machine model with low data requirements was chosen. The data can be obtained from measurements or FEM-simulation and so the model gives a suitable prediction of the machine’s highly non-linear behavior also during operating with magnetic saturation.

As an approach to predict the machine’s states the gradient of flux linkage is identified, which is determined by the dc-link-voltage. Rotor angle and phase current are supposed to be known by measuring. Therefore the actual flux linkage can be calculated and taking into account the gradient of flux linkage the limits of its value after a specific time interval can be estimated. If rotation speed is constant the flux linkage limits determines the torque’s limits. Regarding these limits torque’s reference value is split to the commutating phases and the corresponding phase flux linkages can be derived. Finally a pulse width modulation injects the required phase voltage to achieve the desired changing in flux linkage.

Symmetrische Komponentenregelung eines doppelgespeisten Asynchrongenerators bei Synchronbetrieb unter Netzspannungsfehler

Die Maschine ist aufgrund der direkten Netzverbindung der Ständerwicklungen empfindlich für Netzstörungen. Diese Störung kann eine Asymmetrie der 3-Phasen Größen in der Maschine (wie Ständerstrom, Rotorstrom oder Flussverkettung) auslösen. Der Grund dafür ist das gleichzeitige Vorhandensein eines Mit- und Gegensystems. Aktuelle Forschungen haben diese Probleme mittels getrennter Regelungen für das Mit- und Gegensystem gelöst. Allerdings ist unter dem spezifischen Betrieb des DASGs im Synchronarbeitspunkt die vorgenannte Zerlegungsmethode nicht geeignet.

Daher liefert diese Arbeit eine neuartige Zerlegungsmethode, um den Generator bei Netzstörung zu unterstützen und danach die Größe zu kontrollieren. In dieser Methode werden ein Drei-Phasen-PLL (engl. Phase-Locked Loop) und ein Ein-Phasen-PLL kombiniert. Die drei Phasen-PLL bestimmt den Winkel des gesamten Zeigers der 3-Phasen Größen und die Ein-Phasen-PLL ermittelt die Phasenverschiebung jeder Phase. Aus diesem Winkel wird der Anteil jeder Phase auf der α - und β -Achse bestimmt. Damit werden das Mit- und Gegensystem mit der symmetrischen Komponentengleichung berechnet.

Die Asymmetrie und die Schwingung der Größen in der Maschine kann vermindert werden, wenn das Mit- und Gegensystem mit einem entsprechenden Regler geregelt wird. Der Mitsystemregler regelt die Wirk- und Blindleistung, während der Gegensystemregler die Maschine entsprechend der Regelungsziele steuert. Die Sollwerte bzw. die Regelungsziele ergeben sich aus der Berechnung des Gegensystems durch Größen wie Statorstrom, Drehmoment, Wirk- und Blindleistung.

Der Regler wurde in Matlab/Simulink für einpolige und zweipolige Netzfehler von 40% getestet. Die numerischen Ergebnisse bestätigen die Gültigkeit der Zerlegungsmethode und die Regelung führt zu einer deutlichen Verbesserung der Größen hinsichtlich Symmetrie und Schwankung (**Figure 1**).

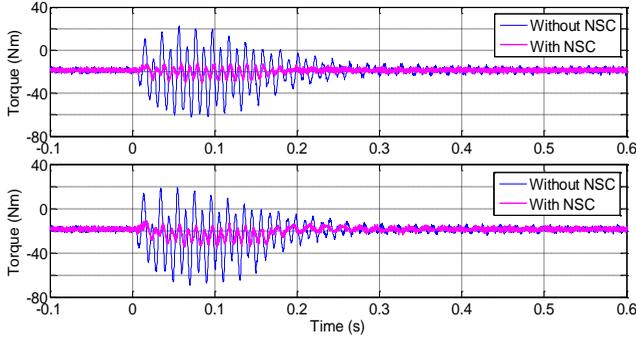


Figure 1: Performance of torque of 1-phase (above) and 2-phase (below) sag

Symmetrical Component Control of Doubly-fed Induction Generator at Synchronism under Network Fault

When the asymmetric voltage sag occurs, variables in the doubly-fed induction generator such as stator current, rotor current, torque are influenced. In this case both positive and negative systems in the machine exist simultaneously in which their rotating directions are opposite. Therefore to minimize the effect of the negative sequence, two controllers correlative with these sequences are implemented. The positive sequence controller supervises the quantities of active and reactive power while the negative sequence controller (NSC) keeps the machine working under various criteria. However at the synchronous mode with very low frequency in the rotor variable, the conventional separating of the sequences is unusable due to the delay element.

This work shows a novel approach to separate the positive and negative components in order to control these components separately during the grid dip. The method bases on the combination of a three-phase PLL (Phase Locked Loop) and a single-phase PLL. The three-phase PLL determines the angle of the entire vector and the phase shift of each phase is identified by the single-phase PLL. From these angles the parts of each phase on α and β -axis are found and the positive and negative components are calculated by the conventional symmetric component transformation. With this result, the control structure can reduce the negative impact on stator current, rotor current as well as torque when the machine work at the synchronous mode (Figure 1).

M. Sc. Rahmat Suryana

Energieoptimaler Betrieb von Windkraftanlagen mit doppeltgespeisten Asynchrongeneratoren (DGAG) unter besonderer Berücksichtigung gesetzlicher Randbedingungen

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz der Deutschen Bundesregierung sieht vor, den Anteil erneuerbarer Energiequellen bis zum Jahr 2020 auf mindestens 20% der Gesamtenergieerzeugung anzuheben. Dann werden Windkraftanlagen bis mindestens 9.000 MW installiert sein. Die weite Verbreitung von Windkraftanlagen im Hochspannungsnetz führt zu Netzfrequenz und Netzspannungsproblemen. Der deutsche Verband der Hochspannungsbetreiber hat eine Verordnung veröffentlicht, dass Windkraftanlagen wie konventionelle Kraftwerke behandelt. Die Windkraftanlagen müssen Wirkleistung und Blindleistung ins Netz einspeisen, um Netzfrequenz und Netzspannungsstabilität zu unterstützen.

Der entwickelte Netzfrequenzregler ermöglicht einen zusätzlichen Drehmomentsollwert, wie in **Figure 1** dargestellt. Wenn eine Änderung der Netzfrequenz durch Erhöhung der verbrauchten Wirkleistung eintritt, reagiert der DGAG.

Der zusätzliche Blindleistungssollwert des vorgeschlagenen Netzspannungsreglers wird zur ursprünglichen Blindleistungsregelung hinzugefügt, wie in **Figure 2** dargestellt. Wenn die Änderung der Netzspannung wegen der Erhöhung der verbrauchten Blindleistung eintritt, kompensiert das der DGAG. Die Blindleistung soll zum Teil in einem rotorseitigen Umrichter und zum anderen Teil in einem netzseitigen Umrichter erzeugt werden, um den Wirkungsgrad des Generators zu optimieren.

Consideration to regulation constraints

The German Federal Government has announced to increase renewable energy contribution to overall power supplies at least 20% by 2020, and the wind power generator will give major contribution to cover that target, where wind farms could be installed at least 9,000 MW by the end of 2020. Because of high penetration wind turbines into the high voltage network, there are several issues should be found their solutions. Two of them are network frequency and voltage stability. The German association of high voltage trans-

mission operator has published a regulation which treated a wind power generator like as a conventional power generator. The wind power plants must contribute to deliver active and reactive power to the network in particular limitation time for supporting network frequency and voltage stability.

The frequency controller developed provides additional electrical torque reference to original electrical torque controller of DFIG as shown in **Figure 1**. The change of network frequency (f_N) caused by increasing of active power required by load will be responded by DFIG.

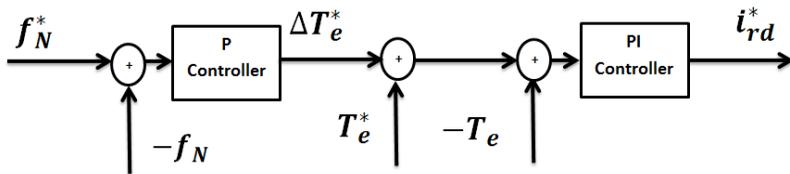


Figure 1: Network frequency controller

The network voltage controller drives additional reactive power production of DFIG to support network voltage stability (Figure 2). The change of network voltage (u_N) caused by increasing reactive power required by load will be responded by DFIG. The total amount of reactive power produced by DFIG will be shared by rotor side inverter (Q_s) and main side inverter (Q_n) to get optimum generator operation.

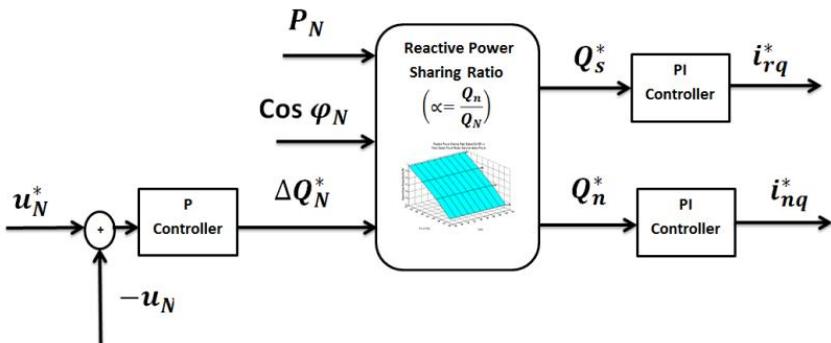


Figure 2: Network voltage controller

Lage- und Drehzahlsensorik für die Drehmomentregelung von Leichtfahrzeugen

Zur Realisierung einer Drehmomentregelung für Leichtfahrzeuge werden Möglichkeiten zur kosten-effizienten Integration von Lage- und Drehzahlsensorik untersucht. Bei dem Antrieb handelt es sich um eine permanenterregte Synchronmaschine mit Oberflächenmagneten, für die obendrein sehr enge Bauraumbeschränkungen gelten. Darüber hinaus sind Höchstgrenzen für Anregelzeit, Drehmomentwelligkeit und Geräusche festgesetzt.

Die Güte der Sensorik bestimmt maßgeblich über die genannten Kriterien. Da Kosten vorrangig durch Hardware getrieben sind, rücken geberlose Verfahren in den Fokus der Betrachtung. Diese unterscheiden sich grob in Verfahren mit und ohne zusätzliche Testsignaleinprägung. Letztere führten bei Experimenten zu störenden Geräuschen, die für die Zielanwendung nicht akzeptabel sind. Verzichtet man auf Testsignale, wird die Rotorlage erst ab einer gewissen Drehzahl erkennbar. Da die Lage auch im Stillstand bekannt sein muss, wurde ein sin-/cos-Geber, bestehend aus zwei linearen Hallensensoren, in den Motor integriert. Zusammen mit der sensorlosen Methode stehen somit zwei Möglichkeiten bereit, ein Winkelsignal zu generieren. Ihre Gewichtung erfolgt in Abhängigkeit der Drehzahl, wobei die sensorlos generierte Lage mit steigender Drehzahl an Bedeutung gewinnt (Figure 1).

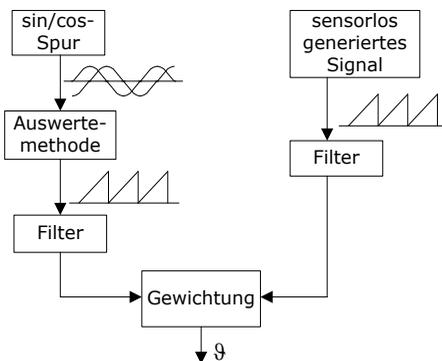


Figure 1: Ermittlung der Polradlage

Beiden Signalquellen sind Störungen überlagert. Beim sin/cos-Geber entstehen bspw. Messabweichungen durch elektromagnetische Einkopplungen. Zudem hat die Auswertemethode, die den Sägezahn von 0 bis 2π berechnet, großen Einfluss auf das entstehende Störpektrum. Winkelfehler wirken innerhalb des Stromregelkreises an den Stellen, an

denen die Park-Transformation durchgeführt wird. Um die Auswirkung auf den Drehmomentverlauf gering zu halten, kommt eine robuste Regelung mit hoher Störunterdrückung zum Einsatz (Fig.1).

Position and Speed Sensing for Torque Control of Light Electric Vehicles

The aim of this project is to develop cost-efficient solutions for speed- and position-measuring. Investigations refer to a permanent magnet synchronous machine, which constitutes a direct drive of a light electric vehicle. This application puts high demands on torque control, such as low torque ripples and noise.

A high quality of sensing is crucial to meet those requirements. As costs are basically subject to hardware effort, sensorless algorithms are taken into account. Sensorless position calculation is either based on signal injection or back-emf analysis. Since back-emf diminishes at low speed, injection techniques are necessary to close the gap down to zero speed. However, applied to the target application, signal injection induced unacceptable acoustic noise. Therefore a sin/cos-encoder, based on two linear hall sensors, was integrated into the motor. Combined with a back-emf method, the sensing topology provides two signals containing position information. Those are fed into a routine that applies a weighting and finally outputs the angle of d-axis (Figure 1).

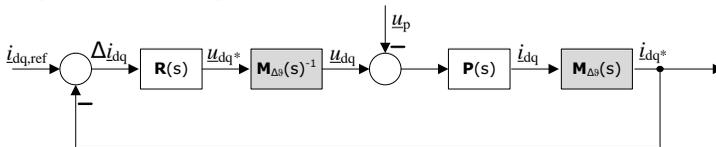


Figure 2: Control loop regarding position error $\Delta\theta$

It must be conceded that each position signal is superposed with some noise. Noise may arise from electromagnetic coupling, mechanical deformation or any deviation of the sin/cos-output from sin-wave. Concerning the sin/cos-encoder, the evaluation algorithm producing the sawtooth has big impact on the frequency spectrum of position error. Errors indicating a wrong position of d-axis affect the torque control circuit there where the Park-transformation is carried out. In order to keep the impact to the torque waveform within the limits, a robust control featuring high noise rejection is applied (Figure 2).

Generatoren am passiven Gleichrichter

Zunehmend werden immer mehr kleine Generatoren hergestellt, die aus Prozessabwärme Elektroenergie erzeugen. Damit diese Anlagen möglichst klein und kostengünstig herzustellen sind, bietet es sich an hohe Drehzahlen einzusetzen. Die Kopplung mit dem Netz geschieht durch einen Stromrichter. Damit dieser preiswert aufgebaut werden kann, werden bevorzugt passive Gleichrichter verwendet. Der große Oberschwingungsgehalt führt jedoch zu Zusatzverlusten insbesondere im Läufer der Maschine. Um diese zu beherrschen, muss entweder der Läufer aus segmentierten Oberflächenmagneten hergestellt werden, was jedoch die Kosten des Rotors stark ansteigen lässt. Eine Alternative ist durch den Einsatz von höheren Phasenzahlen die Rotorverluste zu verkleinern. Dabei bietet es sich grundsätzlich an, anstelle 3-phasiger Wicklungen andere ungerade Strangzahlen zu verwenden. Ebenfalls aus mehreren phasenverschobenen 3-phasigen Teilsystemen bestehende geschwenkte Wicklungen, könnten dafür in Betracht gezogen werden. Wie **Figure 1** (links) zeigt, ist der Ausnutzungsfaktor (Verhältnis zwischen Schein- und Wirkleistung) bei einer dreisträngigen Wicklung am günstigsten. 5-phasige Wicklungen müssen dagegen um 20 % größer gebaut werden. Dementsprechend können nur kleine Phasenzahlen eingesetzt werden. Geschwenkte Wicklungen weisen ebenfalls den günstigen Ausnutzungsfaktor von 1,05 auf. **Figure 1** (rechts) zeigt die relativen Rotorverluste eines permanent erregten Synchronläufers. Normiert wird dabei auf die Rotorverluste, die in einer ungesehenen Einlochwicklung bei sinusförmigen Strömen entstehen würden. Wie man sehen kann, vergrößern sich die Verluste bei unveränderter Wicklung auf das 13-fache wenn ein passiver Gleichrichter eingesetzt wird. Wird die Wicklung 5-phasig ausgeführt, entstehen nur ungefähr dreimal so große Verluste. Bei den 6-, 9- und 12-phasigen Wicklungen handelt es sich um die schon erwähnten geschwenkten Wicklungen. Da die Verluste hauptsächlich durch den hohen Oberschwingungsgehalt der Ströme verursacht werden, tragen die üblichen Maßnahmen zur Verkleinerung des Oberwellengehalts (Sehnung, hohe Lochzahl) nicht wesentlich zur Verkleinerung der Verluste bei.

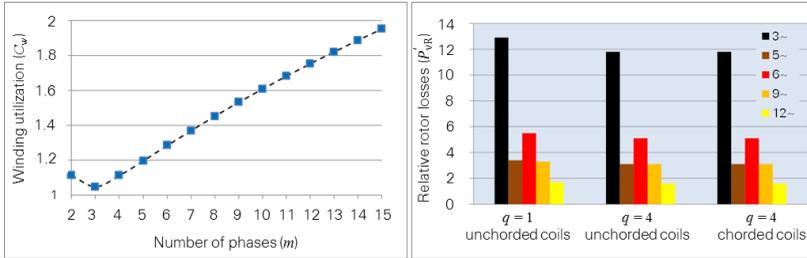


Figure 1: Winding utilization as a function of number of phases (left) and losses of permanent magnet rotors (right) Generators for passive rectifiers

Nowadays, many high speed permanent magnet generators will be produced to recover electric energy. The advantages of the high speed are the small volumes and costs of the turbines and generators. However, such machines must be connected via converter with the electricity supply system. To avoid an expensive converter, it is possible to use rectifiers with only passive diodes. The harmonics of these currents are the reason for higher rotor losses. Two ways are possible to beware too high rotor temperatures. The rotor can be built with a high number of isolated magnet segments. Another way is to use more phases in order to reduce the harmonic content of the magnetic flux. More phases can be reached by using windings with a higher odd number of phases or by using several skewed three-phase windings. **Figure 1** (left) shows the winding utilization factor. This factor is the ratio between complex power and dc power. It is obvious that this factor should be near one as possible. Therefore, only 3 and 5 phase windings are qualified for this claim. Higher number of phases can also be realized by using several skewed three-phase windings. These windings have also the advantage of the high utilization factor by 1.05. **Figure 1** (right) shows the relative rotor losses of the herein before mentioned windings. A winding with unchorded coils and only one slot per phase and pole feet by sinusoidal currents is the comparison standard. Such windings produce by using a passive rectifier 13-times magnified rotor losses. 5 phase windings have only 3-times higher rotor losses. The losses of the composed skewed 3 phase windings decrease by the number of phases. The conventional methods to reduce the rotor losses by higher numbers of slots per pole and phase or chorded coils are negligible.

M. Sc. Arturo A. Arias M.

Einfluss des Modulationsverfahrens auf die Ströme und Spannungen beim Z-Source Inverter

Einige Anwendungen wie die Netzintegration erneuerbarer Energien oder der Antriebsstrang für Elektro- oder Hybridfahrzeuge benötigen Wechselrichter mit einem verbesserten Verhältnis von Ausgangsspannung zu Eingangsgleichspannung. Z-Source-Wechselrichter sind für diese Anwendungen geeignet, da sie die Zwischenkreisspannung zur Versorgung des Wechselrichters hochsetzen können.

Für die Steuerung des Z-Source Wechselrichters müssen Kurzschluss-(ST-)Zustände in der Pulsweitenmodulation (PWM) eingebettet werden. Zwei Möglichkeiten, um die ST Zustände zu verteilen, werden berücksichtigt. Zero-State ST Allocation (ZSSTA): Der ST-Zustand wird in zwei gleiche Teile geteilt, und jeder Teil zur Mitte des jeweiligen Null-Zustandes zugeordnet (**Figure 1a**). Interleaved ST Allocation (ISTA): Der ST-Zustand wird in sechs gleiche Teile geteilt und jeder Teil wird mit aktiven und mit Nullzuständen verschachtelt (**Figure 1b**). Beide Verfahren wurden mittels DSP TMS3202812 von Texas Instruments programmiert.

Obwohl der Spitzenstrom durch die Transistoren mit dem ISTA-Verfahren (**Figure 1j**) höchstens dreimal so hoch ist wie mit dem ZSSTA-Verfahren (**Figure 1i**), bleibt der mittlere Strom in einer Schaltperiode durch jeden Transistor für beide Verfahren ähnlich. Außerdem erzeugt das ISTA-Verfahren zwei Kommutierungen weniger pro Schaltperiode im Vergleich zum ZSSTA-Verfahren (**Figure 1c bis 1f**). Ein weiteres Merkmal ist, dass der zeitliche Verlauf der erhöhten Zwischenkreisspannung u_B unterschiedlich ist (**Figure 1k und 1l**).

Influence of the modulation scheme on the currents and voltages in the z-source inverter

Some new applications like renewable energies connected to the grid and drive trains for electric or hybrid vehicles need inverters with an enhanced ratio of output ac voltage to input dc voltage. Z-Source inverters are well suited for these applications because they boost the dc link before supplying the inverter.

In order to control the z-source inverter, shoot-through (ST) states have to be embedded in the pulse width modulation (PWM) signal. Two possibilities to distribute the ST states are considered: Zero-State ST Allocation (ZSSTA), where the ST state is divided into two equal parts and each part is allocated in the middle of the respective zero state, see **Figure 1a**; and Interleaved ST Allocation (ISTA), where the ST state is divided into six equal parts and each part is interleaved with active and zero states, see **Figure 1b** [1]. Both schemes were programmed on the DSP TMS3202812 from Texas Instruments.

Although the peak current through the transistors with the ISTA scheme (**Figure 1j**) is at most three times higher than with the ZSSTA (**Figure 1i**), the average current in a switching period through each transistor remains similar for both schemes. Besides, the ISTA scheme produces two less commutations per switching period in comparison with the ZSSTA scheme (**Figure 1c to 1f**). Another characteristic is that the boosted dc link voltage u_B has a different form in both strategies (**Figure 1k and 1l**).

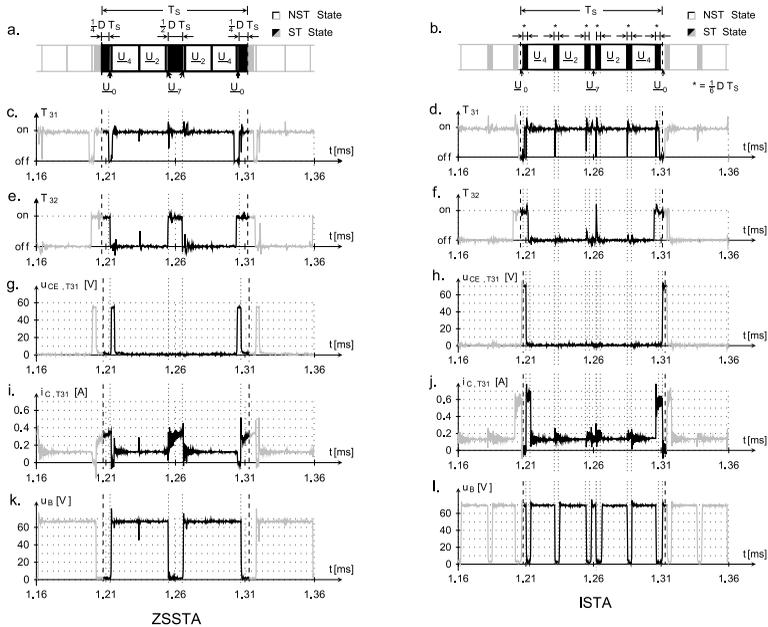


Figure 1

5 AUSSTATTUNG DES LEHRSTUHLS

Neben Arbeitsräumen für Diplomanden, Studienarbeiter, Gastwissenschaftler, IAESTE-Studenten, die mit modernster Büro- und Rechen-technik ausgestattet sind, verfügt der Lehrstuhl über eine Vielzahl von Versuchsständen für Forschung und Lehre.

- Lichthof (354 qm)
- 7 Forschungslabore (400 qm)
- 3 Lehr- und Praktikumslabore (112 qm)
- 1 PC-Pool



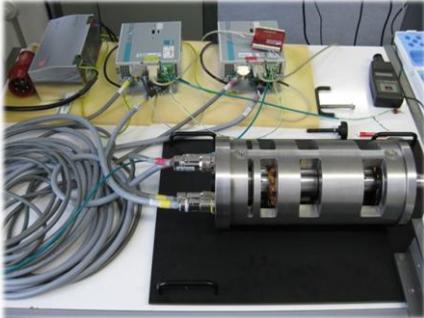
5.1 Forschungsversuchsstände

- Labor Energiesystemtechnik mit Netznachbildung, Filtertechnik und Modellanlage für Windenergie und zur Untersuchung von Netzurückwirkungen



- Optimale Bewegungssteuerung mit Rotations- und Linearantrieben
- Matrixumrichter, Z-Source-Inverter
- Rechnergestützte Bewegungssteuerung: automatisierter Entwurf des Programmcodes für Steuergeräte

- Experimentelle Aufbauten zur Messung der Feld- und Wirbelstromverteilung in rotierenden Massivteilen elektrischer Maschinen
- Aktive Magnetlager
- Schleifringprüfstand
- Arbeitsplatz FEM-Modell der Vollpolmaschine
- Magnetlagerversuchsstand für die Lehre
- Hochgeschwindigkeitsmagnetlager für Forschung,



- Feld- und Wirbelstromverteilung in Ständerdruckplatten
- Versuchsstand zur Messung des Wärmewiderstands von Wälzlagern
- Versuchsstand zur Messung der Verluste im quergekühlten Statorblechpaket
- Motorenprüfstand für Luftkühlung



5.2 Lehrversuchsstände

- Schrittmotoren, Switched-Reluctance Motor
- Binäre Steuerungen in der elektrischen Antriebstechnik
- Antriebsregelung, Buskommunikation, technologisch verkettete Antriebe am Netz (4 stromrichter gespeiste Antriebssätze Gleichstrommotor - Drehstrommotor (je 10 kW))
- Drehstromtrafo
- Feldorientierte Regelung (sensorloser Betrieb)
- Stoßkurzschluss bei Synchronmaschinen
- Gleichstrom- und Drehstromstellantriebe
- Bewegungssteuerung, graphische Programmierung, Echtzeitkodemgenerierung, Profibus (3 Drehstromstellantriebe)
- Weitere Versuchsstände zur Vertiefungsausbildung elektrische Maschinen und Antriebe in den Studiengängen Elektroenergie-technik und Mechatronik

5.3 Sonderausstattung

- Separate Netzeinspeisung 0...400 V über Stelltrafo, 100 A
- Zwei Umformersätze 3x400 V, 190 kVA (bis 400 Hz) und 120 kVA (50 Hz / 60 Hz)
- Schwerlastversuchsfläche mit Zufahrt und Hallenkran (3 t)
- Pendelmaschinen zur Motorenprüfung
- Hochwertige Speicheroszilloskope (Bandbreite 600 MHz), Drehmomentmesswellen (2 Nm ... 200 Nm), Power-Analyzer, Echtzeitrechensysteme (Fa. dSpace)

6 PERSONELLE BESETZUNG

Lehrstuhlinhaber

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wilfried Hofmann

Emeriti:

Prof. (i.R.) Dr.-Ing. habil. Peter Büchner

Prof. (i.R.) Dr.-Ing. Manfred Liese

Prof. (i.R.) Dr.-Ing. habil. Gernar Müller

Sekretariat

Peggy Martin

Wissenschaftliche Mitarbeiter

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Gert-Helge Geitner

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Volkmar Müller

Dr.-Ing. Nicol Hildebrand

M. Sc. Arturo Arias

Dipl.-Ing. Thomas Bach

Dipl.-Ing. Falk Bahr

Dipl.-Ing. Henry Barth

Dipl.-Ing. Kenneth Benath

Dipl.-Ing. Jan Döring

Dipl.-Ing. Marco Festa

Dipl.-Ing. Erik Fleischer

Dipl.-Ing. Stephan Günther

Dipl.-Ing. Maik Hohmuth

Dipl.-Ing. Ahotondji Tomi Hermann Houenouvo

Dipl.-Ing. Eike Jenßen

Dipl.-Ing. Jacob Jung

Dipl.-Ing. Henning Kasten

Dipl.-Ing. Frederick Klenke

Dipl.-Ing. Sebastian Krauß

Dipl.-Ing. Martin Leubner

M.Sc.E.E. Chi Dung Nguyen

M. phil. Van Binh Nguyen

Dipl.-Ing. Bastian Rückert

Dipl.-Ing. Ferdinand Rüger

Dipl.-Ing. Jörg Schützhold

Dipl.-Ing. Gunar Steinborn

M. Sc. Rahmat Suryana
Dipl.-Ing. Stephan Tenner
Dipl.-Ing. Andreas Tröger
Dipl.-Ing. Thomas Windisch
Dipl.-Ing. Daniel Wöhner
Dipl.-Ing. Yuanpeng Zhang

Freie Mitarbeiter

Prof. (i.R.) Dr.-Ing. Heinz-Dieter Eberhardt
Prof. (i.R.) Dr.-Ing. habil. Germar Müller

Fachpersonal

Sylvia Schad
Dipl.-Ing. Axel Rusch

Doktoranden

Dipl.-Ing. (FH) Christian Ehrenreich
Dipl.-Ing. Bernd Cebulski
Dipl.-Ing. (FH) Martin Eckart
Dipl.-Ing. Stephan Kunckel
M.Sc. Sören Miersch
Dipl.-Ing. Thomas Bach

Studentische Hilfskräfte:

Chris Evers, Toni Israel, Ricco Henning, Christopher Kunze, Johannes Leipold, Markus Linke, Robert Jensch, Michael Hasenkopf, Li Xiang, Richard Vogt, Ai Shixuan, Richard Vogt,

7 ANSCHRIFT

Postanschrift:

Technische Universität Dresden
Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
Elektrotechnisches Institut
01062 Dresden

Sitz:

Helmholtzstr. 9
Görgesbau, Raum 206/207
01069 Dresden

Telefon, Fax, E-Mail:

Lehrstuhlinhaber: 0351-463-37634
wilfried.hofmann@tu-dresden.de
Sekretariat: 0351-463-33223
peggy.martin@tu-dresden.de
Fax: 0351-463-33655

Website: <http://ema.et.tu-dresden.de>

8 IMPRESSUM

Anbieter:

Lehrstuhl Elektrische Maschinen und Antriebe
Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik
Elektrotechnisches Institut
01062 Dresden

Kontakt:

Telefon: 0351-463-33186
Telefax: 0351-463-33655
e-Mail: sylvia.schad@tu-dresden.de

Verantwortlich:

Redaktion: Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. G.-H. Geitner
Gestaltung und Betreuung: Sylvia Schad

9 LAGEPLAN

Lageplan des Campus (Südvorstadt)

Stand: 31. Juli 2011

