



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Elektrotechnisches Institut

Prof. Dr.–Ing. W. Hofmann

JAHRESBERICHT ANNUAL REPORT	2013
--	-------------

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.....	11
2.3	Abgeschlossene Diplom- und Studienarbeiten.....	11
2.4	Exkursionen.....	13
3	Öffentlichkeitsarbeit.....	15
3.1	Veröffentlichungen	15
3.2	Vorträge und Berichte.....	17
3.3	Kooperation.....	22
	3.3.1 Forschung und Lehre	22
	3.3.2 Gremien und Gutachten	23
4	Forschung.....	25
4.1	Forschungsprofil	25
4.2	Forschungsprojekte	25
4.3	Dissertationen	29
4.4	Ausgewählte Forschungsergebnisse in Kurzform ..	31
5	Ausstattung des Lehrstuhls.....	53
5.1	Forschungsversuchsstände.....	53
5.2	Lehrversuchsstände.....	55
5.3	Sonderausstattung.....	55
6	Personelle Besetzung.....	57
7	Anschrift	59
8	Impressum	61
9	Lageplan	63

1 VORWORT

Liebe Kollegen, Mitarbeiter und Freunde, spätestens wenn der Jahresforschungsbericht fällig wird, wird uns bewusst, dass wieder ein Jahr vorüber ist und es Rückschau zu halten gilt.

Die umfangreichen Lehraufgaben haben auch dieses Jahr all unsere Kräfte gefordert. Der rege Zuspruch unserer Fachrichtung *Elektroenergie-technik* im Studiengang *Elektrotechnik* und des Studiengangs *Regenerative Energiesysteme* beschert uns mit dem weitergeführten Diplomstudium nie gekannte Hörerzahlen und einen hohen organisatorischen Aufwand für die Praktika. Dieser erfreuliche Umstand hat aber wie erwartet nicht dazu geführt, dass der Personalengpass durch die TU-Leitung gelöst wird. Der Lehrstuhl wird deshalb weiterhin mit einer Lehrlast von bis zu 250% klar kommen müssen. An dieser Stelle meinen herzlichsten Dank an alle Mitarbeiter, die sich zusätzlich zu Ihren Forschungsaufgaben in der Lehre engagieren. Für unseren Wachstumskern LEANTEC schlägt im kommenden Jahr die Stunde der Wahrheit. Mit vier Demonstratoren für Radlader, Extruder, Rundtisch und Spannvorrichtung soll dann die Funktionsweise einer neu entwickelten Transversalfluss-Reluktanzmaschine nachgewiesen werden. 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 wird im kommenden Jahr durch einen 200 kW-Prüfstand für hoch- und niedertourige Maschinen erweitert, dazu laufen gegenwärtig die Vorbereitungen zur Ergänzung der notwendigen Infrastruktur. 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

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'W. Hofmann', written in a cursive style.

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 Elektroenergie-technik (EET), Wirtschaftsingenieure, Regenerative Energiesysteme

Stellmotoren (2/1/0), 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; Schenkelläufer-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 (0/0/1)

Pflichtfach für Elektroenergie-technik, 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; Stellergesteuerte Gleichstromantriebe; Drehzahlsteuerung von Drehstrom-Asynchronantrieben; Spannungsgesteuerte Drehstrom-Asynchronantriebe; Frequenzgesteuerte Drehstrom-Asynchronantriebe; Steuerung von Drehstrom-Synchronantrieben; Stell- und Schrittantriebe

Regelung von Antrieben:

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

Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann

Elektromaschinendynamik (2/1/0), WS

Wahlpflichtfach für Elektroenergie-technik, Regenerative Energiesysteme

Einführung in das Theoriegebäude; 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

Wahlpflichtfach für Regenerative Energiesysteme, Wirtschaftsingenieure

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, Regenerative Energiesysteme, Wirtschaftsingenieure

Wicklungen elektrischer Maschinen; Wicklungsentwurf; Wicklungsaufbau und –herstellung; Magnetischer Kreis; Magnetkreis mit Permanentmagneten; Magnetkreisentwurf; Stromwindung; 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), Wirtschaftsingenieure

Elemente des Antriebssystems

Energetische Komponenten; Informationstechnische Komponenten des Antriebssystems; Signalverarbeitungseinheiten.

Automatisierte Drehstromantriebe

Umrichterspeisung frequenzgesteuerter Antriebe; Pulssteuerverfahren zur Umrichterspeisung; Steuerverfahren für umrichtergespeiste Asynchronantriebe; Dynamisches Verhalten von Asynchronantrieben; Feldorientierte Regelung einer Asynchronmaschine; Dynamisches Verhalten von Synchronantrieben; Steuerung und Regelung umrichtergespeicherter 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. P. Schegner/ Prof. Dr.-Ing. St. Bernet/ Prof. Dr.-Ing. W. Hofmann/

Elektroenergie-technik (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, Einphasen-, Drehstromtransformator, 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 Erweiterungsbibliothek 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 Elektroenergie-technik, 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

Benjamin Lübeck/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Jung

„Entwurf eines Datenloggers zur Bestimmung der Effizienz von Pederlec-Antrieben“

Markus Linke/ Betreuer: Dipl.-Ing. E. Fleischer

„Implementierung eines LQG-Reglers an einem 5-achsigen magnetisch gelagerten Antrieb“

Zheng Cai/ Betreuer: Dipl.-Ing. Th. Windisch

„Energiesparende Fahrweise bei Drehmomentregelung eines elektrisch angetriebenen Hybridbusses“

Tobias Gedrange/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Schützhold

„Projektierung von energieeffizienten Antriebssystemen für Verdrängerpumpen“

Nico Remus/ Betreuer: Dipl.-Ing. S. Krauß

„Neues Verfahren für die netzseitige Steuerung des Matrixumrichters bei Anwendung der direkten Drehmomentregelung (DTC) für Asynchronmaschinen“

Qiang Ren/ Betreuer: Dipl.-Ing. Y. Zhang
„Entwurf einer hochdynamischen Asynchronmaschine“

Johannes Leipold/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Döring
„Entwurf und Implementierung eines Werkzeuges zur Auslegung einer Transversalfluss-Reluktanzmaschine“

Stefan Ulbrich/ Betreuer: Dipl.-Ing. St. Günther
„Optimale Auslegung von synchronen Fahrmotoren mit vergrabenen Magneten unter besonderer Berücksichtigung der Schnittstelle Umrichter-Motor“

Armin Petzold/ Betreuer: Dipl.-Ing. H. Barth
„Stromverlaufsschätzung mit Kalman-Filter“

Otto Zaiser/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Jung
„Beobachterbasierte sensorlose Erfassung der Rotorlage einer permanenterrregten Synchronmaschine“

Studienarbeiten

Frank Bernhardt/ Betreuer: Dipl.-Ing. K. Benath
„Optimale Bewegungssteuerung von Servoantrieben unter Berücksichtigung last- und drehzahlabhängiger Verluste in Motor und Getriebe“

Nina Loof/ Betreuer: Dipl.-Ing. K. Benath
„Berücksichtigung drehzahlabhängiger Verluste bei der Antriebsdimensionierung“

Tobias Micklitz/ Betreuer: Dipl.-Ing. D. Wöhner
„Aufbau eines Modells zur Berechnung des asynchronen Hochlaufs von Schenkelpol-synchronmaschinen mit massiven Polen“

Marc Stübing/ Betreuer: Dipl.-Ing. H. Barth
„Inbetriebnahme eines Laborumrichters mit Spannungszwischenkreis“

Wang Xianda/ Betreuer: Dipl.-Ing. A. Houenouvo
„Datenübertragung und Visualisierung der Messdaten zur Charakterisierung der Mikrobürstenfeuer bei der Stromübertragung von Graphitbürsten zum Schleifring in doppeltgespeisten Drehstrom-Asynchrongeneratoren“

Chris Evers/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Schützhold
„Energieeffiziente Projektierung von Förderantriebssystemen“

Toni Barth/ Betreuer: Dipl.-Ing. St. Tenner
„Entwurf und Implementierung einer Kommunikation zwischen FPGA und PC zur Datenübertragung, Visualisierung und Auswertung von Messdaten“

Roman Pärschke/ Betreuer: Dipl.-Ing. H. Barth
„Entwicklung eines Halbbrückentreibers für SiC-BJTs“

Michal Hasenkopf/ Betreuer: Dipl.-Ing. D. Wöhner
„Aufbau eines Experiments zur Messung der Poloberflächenverluste in einem massiven Rotor“

Axel Thomas/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Schützhold

„Entwicklung eines Simulationsmodells für die kontaktlose Erregermaschine in Turbogeneratoren“

Lucia Hirsch/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Jung

„Untersuchung zur Spannungsbelastung des Zwischenkreises eines Zweilevelwechselrichters“

Shao Hongye/ Betreuer: Dipl.-Ing. F. Bahr

„Flussbasierte Regelung eines aktiven Magnetlagers“

Tommy Haase/ Betreuer: Dr. G.-H. Geitner

„Servo-Maschinenprüfstand 1kW-Aufbau, Inbetriebnahme und Integration in ein vorhandenes Praktikum“

Robin Weiß/ Betreuer: Dipl.-Ing. J. Jung

„Berechnung zur Auslegung einer permanenterregten Transversalflussmaschine für einen Pedelec-Heckmotor“

Burkhard Ammer/ Betreuer: Dipl.-Ing. St. Günther

„Methoden zur Reduzierung der Rechenzeiten bei der FEM-basierten multikriteriellen Optimierung von elektrischen Maschinen“

Li Xiang/ Betreuer: Dipl.-Ing. H. Barth

„Basisstromregelung für SiC-Bipolartransistoren“

Yubio Wu/ Betreuer: Dipl.-Ing. F. Bahr

„Entwurf und Aufbau eines berührungslosen Störkraftgenerators für ein axiales Magnetlager“

2.4 Exkursionen

Folgende Exkursionen wurden den Studenten angeboten:

- VEM Sachsenwerk GmbH, Dresden; 11.01.2013
- WITTUR Electric Drives GmbH, Dresden; 25.01.2013
- Transformatorenwerk der Siemens AG, Dresden; 28.11.13

3 ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

3.1 Veröffentlichungen

- [1] F. Bahr, M. Melzer, D. Karnaushenko, D. Makarov, G. Bermudez, O.G. Schmidt, W. Hofmann: Erfassung der Luftspaltinduktion aktiver Magnetlager auf Basis ultradünner, flexibler Hall-Sensoren, Magnetlagerworkshop Chemnitz-Zittau 2013, Tagungsband. S. 78-84, 2013
- [2] F. Bahr, M. Melzer, D. Karnaushenko, D. Makarov, G. S. C. Bermudez, O. G. Schmidt, W. Hofmann: Permanent Magnet Bias AMB Using Integrated Hall Sensor Based Air Gap Flux Density Feedback, 1st Brazilian Workshop on Magnetic Bearings, Rio de Janeiro, Brazil, 2013.
- [3] H. Barth, F. Bahr, N. Hildebrand, W. Hofmann: Einsatz weichmagnetischer Pulververbundwerkstoffe in energieeffizienten Transversalflussmaschinen. Int. ETG-Kongress 2013, ETG-Fachbericht 04-01-02, Berlin 2013, 9 Seiten
- [4] K. Benath, J. Schützhold, W. Hofmann: Projektierungsregeln für energieeffiziente Pumpenantriebssysteme Int. ETG-Kongress 2013, ETG-Fachbericht 04-02-03, Berlin 2013, 9 Seiten
- [5] N. van Binh, W. Hofmann: Regelung eines doppeltgespeisten Asynchrongenerators im synchronen Betrieb, VDE-VDI-Konferenz, Antriebssysteme Nürtingen 2013, ETG-Fachbericht 138, S. 64-69, 2013.
- [6] N. van Binh, W. Hofmann: Control of Doubly-Fed Induction Generator Based Wind Turbine at Synchronous Operating Point, IEEE International Conference on Industrial Technology - ICIT, Cape Town, South Africa, 2013.
- [7] J. Döring, G. Steinborn, W. Hofmann: Torque, Power, Losses and Heat Calculation of a Transverse Flux Reluctance Machine with Soft Magnetic Composite Materials and Disc-shaped Rotor, IEEE ECCE 2013, pp. 4326-4333, 2013.
- [8] E. Fleischer, W. Hofmann: Elektromechanische Modellierung eines dreipoligen Kombilagers mittels des Lagrange-Formalismus, Magnetlagerworkshop Chemnitz-Zittau 2013, Tagungsband. S. 12-20, 2013.
- [9] H. Houenouvo, W. Hofmann: Numerical analysis by current flow of mechanical components in double-fed asynchronous generators in Wind turbines, IEEE International Conference on Industrial Technology - ICIT, Cape Town, South Africa, 2013.
- [10] H. Houenouvo, R. Jensch, W. Hofmann: Design of measuring system to analyze the power transmission in the slip ring system in double fed induction generators (DFIG), IEEE ECCE 2013, pp. 5118-5122, 2013
- [11] W. Hofmann: Elektrische Maschinen, Lehrbuch, PEARSON-Verlag, 490 S., München, 2013.
- [12] W. Hofmann, B. Rabelo: Regelung von doppelt speisenden Drehstromgeneratoren für den energieeffizienten Betrieb, Automatisierungstechnik vol. 61, H.5, S.318-328, 2013.

- [13] W. Hofmann: Traktionsmotoren im Antriebsstrang des Serien-Hybridbus AUTOTRAM. Elektrische Antriebstechnologie für Hybrid- und Elektrofahrzeuge. (Hrsg.: H. Schäfer) Expert Verlag, Renningen 2013, S. 143-156.
- [14] H. Kasten, W. Hofmann: Wirkungsgradsteigerungen durch kombinierte Wicklungen, AntJournal (Vereinigte Fachverlage), H.1, S.22 - 25, 2013.
- [15] J. Schützhold, K. Benath, V. Müller, W. Hofmann: Design Criteria for Energy Efficient Pump Drive Systems, EPE'13 – ECCE Europe, P1 –P10, 2013
- [16] J. Schützhold, W. Hofmann: Analysis of the Temperature Dependence of Losses in Electrical Machines, IEEE ECCE 2013, pp. 3159-3165, 2013.
- [17] J. Schützhold, K. Benath, W. Hofmann: Berechnung des drehzahl- und lastabhängigen Wirkungsgrads von elektrischen Maschinen anhand von Datenblattangaben. Int. ETG-Kongress 2013, ETG-Fachbericht P 63, Berlin 2013, P 63, 8 Seiten
- [18] R. Suryana, W. Hofmann: Minimum Power Losses Operation of Wind Turbines with Doubly Fed Induction Generator, IEEE Int. Electrical Machines and Drives Conference, IEMDC, 2013.
- [19] St. Tenner, St. Günther, W. Hofmann: Loss Minimization of Electric Drive Systems Using a Z-Source Inverter in Automotive Applications EPE'13 – ECCE Europe, P1 –P8, EPE'13 – ECCE Europe, P1 – P8, 2013.
- [20] T. Windisch, Z. Cai, W. Hofmann: Energieoptimale Fahrzeugsteuerung für einen elektrisch angetriebenen Doppelgelenk-Hybridbus im Linienbetrieb, VDE-VDI-Konferenz, Antriebssysteme Nürtingen 2013, ETG-Fachbericht 138, S. 81-86, 2013.
- [21] Y. Zhang, W. Hofmann: Auslegung einer Asynchronmaschine für Querschneiderantriebe bei hoher Drehmomentdynamik und transientser Stromverdrängung, VDE-VDI-Konferenz, Antriebssysteme Nürtingen 2013, ETG-Fachbericht 138, S. 40-45, 2013.
- [22] Y. Zhang, W. Hofmann: Energy-efficient control of induction motors with high torque dynamics and transient skin effect. IEEE 39th Annual Conf. of Industrial Electronics Society IECON 2013, pp. 2771 -2776.

3.2 Vorträge und Berichte

Vorträge ohne Publikation

W. Hofmann

- [1] Compact Traction Drive for Series-Hybridbus Autotram, Vortrag zum Institutskolloquium an der UMFG in Belo Horizonte, Brasilien am 16.05.2013
- [2] Elektromaschinen für die Elektrotraktion, Vortrag zur DRIVE-E Akademie in Dresden am 06.03.2013
- [3] Generatorkonzepte für Windenergieanlagen, Vortrag zum VDE- AK Hochspannungsgeräte und –anlagen in Halle am 16.04.2013
- [4] LEANTEC Motoren – ein Beispiel für Ressourceneffizienz, Vortrag zur 2. Dresdner Konferenz „Zukunft Energien“ 19.05.2013
- [5] Systemuntersuchungen zur Verlustreduktion in Asynchronmaschinen, Vortrag zu 12. Technische Tage der VEM in Wernigerode am 24.09.2013
- [6] Verhalten elektrischer Maschinen bei Frequenzumrichterbetrieb. Vortrag zu 4. Essener Frequenzumrichtertage im HdT Essen am 28.10.2013
- [7] Ressourceneffizienz in der Antriebstechnik und Leistungselektronik. Plenarvortrag zum Int. ETG-Kongress 2013 in Berlin am 05.11.2013
- [8] Traktionsmotoren im Antriebsstrang des Serien-Hybridbus AUTOTRAM. Vortrag zur Tagung Elektrische Antriebstechnologie für Hybrid- und Elektrofahrzeuge des HdT Essen in München am 26.11.2013
- [9] Moderne Generatorsysteme für Windenergieanlagen. Vortrag zum 574. Elektrotechnischen Kolloquium des VDE in Dresden am 04.12.2013

Forschungsvorträge

18.01.2013

A.T.H. Houenouvo

“Numerical analysis by current flow of mechanical components in double- fed asynchronous generators in Wind turbines”

01.02.2013

Sören Miersch

“Wärmeabführung aus der Wicklung elektrischer Maschinen mit neuartigen Isolierwerkstoffen”

Eike Jenßen

“Prädiktive Drehmomentregelung von geschalteten Reluktanzmaschinen”

08.03.2013

Matthias Eckart

„Betriebs- und Überlastregelung für Windenergieanlagen kleiner Leistung“

26.04.2013

Daniel Wöhner

„Berechnung der Stromverteilung in der Rotoroberfläche von Schenkelpolsynchronmaschinen mit massiven Polen mit einem Widerstandsnetzwerk“

Gunar Steinborn

„Wicklung, Verluste und Kühlung des Leantec-Motors“

31.05.2013

Stephan Günther

„Untersuchungen zum Einsatz von Elektroblechen in elektrischen Fahrmotoren“

14.06.2013

Jakob Jung

„Aspekte zur Realisierung der Steuerung eines Pedelec-Antriebs“

06.08.2013

Chi Dung Nguyen

„Minimierung der Stromwärmeverluste eines elektrisch erregten Synchronmotors (EESM) im Ankerstellbereich“

30.08.2013

Erik Fleischer

„Elektromechanische Modellierung eines dreipoligen Kombilagere mittels des Lagrange-Formalismus“

Stephan Tenner

„Untersuchungen zu Rotierenden Aktiven Gleichrichtern in kontaktlosen Erregersystemen von Turbogeneratoren“

11.10.2013

Nguyen Chi Dung

„Minimierung der Stromwärmeverluste eines elektrisch erregten Synchronmotors (EESM) im Ankerstellbereich“

08.11.2013

Jan Döring

„Optimierungspotentiale des Magnetkreises einer Transversalfuss-Reluktanzmaschine“

Henry Barth

„Einsatz weichmagnetischer Pulververbundwerkstoffe in energieeffizienten Transversalfussmaschinen“

Doktorandenseminar 10.09.-15.09.2013 Manigod

Der langen Tradition (seit 1991) folgend fand auch in diesem Jahr unser Doktorandenseminar statt. Veranstaltet wird es gemeinsam mit der TU Darmstadt, um einer Vielzahl von Doktoranden und Mitarbeitern die Möglichkeit zu geben, sich in Form von Vorträgen und Diskussionsrunden weiterzubilden.

Wie schon vor 4 Jahren ging es diesmal wieder in das 50 km südöstlich von Genf in den Alpen Hochsavoyens gelegenen Chalets Giersch, nach Manigod.



Das Chalet steht, Dank einer großzügigen Spende des Ehrensenators der TU Darmstadt, Carlo Giersch, und seiner Frau Karin, der Technischen Universität Darmstadt als Begegnungsstätte zur Verfügung.

Unter den bisherigen Besuchern wird es als Geheimtipp gehandelt.

Das im traditionellen Alpenstil erbaute Chalet wurde von der Carlo und Karin Giersch-Stiftung erworben und liebevoll umgebaut. 1999 wurde das Chalet großzügig erweitert und bietet nunmehr Gruppen von bis zu 40 Personen komfortable Bedingungen für Seminare, Workshops und einen erholsamen Aufenthalt. (Quelle: Homepage)

Vorträge TU Darmstadt

- Wang, Zhuonan:
The Development of A High Speed Permanent Magnet Motor with Amorphous Metals
- Wang, Jinou:
Predictive precise current control based on current slope measurement

- An, Jeongki:
Doppel-E-Antrieb
- Lehr, Marcel:
Elektromagnetische Auslegung einer Axialflussmaschine zum Einsatz in Radnabenantrieben
- Reis, Kersten:
Entwicklung eines permanentmagneterregten Synchronmotors als Direktantrieb für Radnabenantriebe
- Hagen, Reinhard:
Die Berechnung der Läuferoberströme der Drehstrom-Käfigläufer-Asynchronmaschinen mit ungeschrägtem Käfig im Netzbetrieb
- Deusinger, Björn:
Validierung eines Sensorsystems basierend auf Piezo-Kompositen für Schwingwegmessungen
- Funieru, Bogdan:
FEMAG-3D Stand der Entwicklung

Vorträge TU Dresden

- Nguyen, Van Binh:
Optimale symmetrische Komponentenregelung eines doppeltgespeisten Asynchrongenerators bei Netzspannungsfehler
- Bahr, Falk:
Erfassung der Luftspaltinduktion aktiver Magnetlager aus Basis ultradünner, flexibler Hall-Sensoren
- Benath, Kenneth:
Projektierungsregeln für energieeffiziente Pumpenantriebssysteme
- Schützhold, Jörg:
Analyse der temperaturabhängigen Verluste in elektrischen Maschinen
- Messenger, Gael:
Active power measurement of a harmonic beyond sampling frequency
- Houenouvo, A.T.:
Untersuchung der mechanischen und elektrischen Verhalten bei der Stromübertragung in doppeltgespeisten ASM
- Zhang, Yuanpeng:
Regelung und Auslegung von Asynchronantrieben bei hoher Drehmomentdynamik und transientser Stromverdrängung
- Tenner, Stephan:
Rotierende Thyristorerregung für Turbogeneratoren
- Windisch, Thomas:
Feldorientierte Regelung einer IPMSM, Theorie vs. Praxis
- Ulbrich, Stefan:
Multikriterielle Pareto-Optimierung mit einem Differential Evolution Algorithmus

- Fleischer, Erik:
Kapazitives Messsystem für Magnetlager
- Arias, Arturo:
Analyse der Verluste im Z-Source Wechselrichter
- Leubner, Martin:
Elektrische Belastung der Wicklungsisolierung pulsumrichter gespeister Niederspannungsmotoren beim Einsatz von SiC
- Remus, Nico:
Netzseitige Regelung des Matrixumrichters bei Anwendung der DTC für Asynchronmaschinen
- Wöhner, Daniel:
Numerische Hilfsmittel für die Berechnung elektrischer Maschinen
- Günther, Stephan:
Untersuchungen zur optimalen Auslegung von synchronen Fahrmotoren
- Rüger, Ferdinand:
Erhöhung der Materialeffizienz von PMSM in Außenläuferausführung für den Aufzugsbau
- Miersch, Sören:
Erhöhung der Leistungsdichte permanentmagneterregter Außenläufermaschinen durch Verbesserung der Wärmeabführung

3.3 Kooperation

3.3.1 Forschung und Lehre

IAESTE – Praktikanten

Petar Radulovic – Serbien/ Betreuer: H. Houenouvo

„Improvement of software tools for FGPA in a diagnostic measurement system of brush fire in generators“

Francis Okai – Ghana/ Betreuer: Th. Windisch

„Current control for an interior permanent-magnet synchronous machine in a wide speed range“

Muhammad Tashin Rahman - UAE/ Betreuer: D. Wöhner

„Solving Laplace equation in the air gap of a salient-pole machine“

Mau Lam Yu – Hong Kong/ Betreuer: St. Günther

„Computation of core losses in electrical machines“

Teng Froste Shuang Shuang – China/ Betreuer: E. Fleischer

„Capacitive displacement sensor“

Abdallah Moawad Daie – Ägypten/ Betreuer: H. Barth

„Determination of printed circuit board inductances“

Anton Dmytryshyn – Ukraine/ Betreuer: J. Schützhold

„Design criteria for energy efficient ventilation systems“

Raif Ablā – Lebanon/ Betreuer: F. Rüger

„Compare inner and outer structure of electrical machines“

Irena Dukovska - Mazedonien/Betreuer: F. Bahr

„Pico-satellite fly wheels using active magnetic bearings“

Maros Urminsky – Slowakei/ Betreuer: J. Döring

„Analysis of measured B-H-curves“

Fabrizio Piccoli Maziero – Brasilien/ Betreuer: St. Tenner

„Computer-aided design of a power electronic devices“

Shaurav Sarkar – Bangladesch/ Betreuer: M. Leubner

„Simulation of a PMSM wind generator in combination with dc-link converter at a 110 V grid“

Pedro Körner de Souza Barros – Brasilien/ Betreuer: H. Bahr

„Preliminary Design of an Active Magnetic Bearing System for a Pico-Satellite Fly-wheel“

Israel Schallheim – Israel/ Betreuer: E. Fleischer

„Systematic Approach to the Linearization of a Magnetic Bearing“

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 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“.

4 FORSCHUNG

4.1 Forschungsprofil

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

- Grundlagen, Methodik und Werkzeug für Modellierung und Simulation,
- Magnetlager und Mechatronik,
- Windenergietechnik und Generatoren für regenerative Energien,
- Fahrmotoren, Regelung, Stromrichter für Hybrid- und Elektroauto,
- Kühlung elektrischer Maschinen,
- Antriebsstromrichter

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 - 2013
3. Direkte Leistungsregelung (DLR) zur Rotorspeisung von doppeltspeisenden Drehstrom-Asynchrongeneratoren mit optimaler Gleichtaktspannungsbildung
DFG - HO 1483/43-1, 2006 - 2013
4. Energieoptimaler Beschleunigungsantrieb und Downsizing-Schleifen.
DFG HO 1483/57-1, 2009 - 2013
5. Diagnose von Mikrobürstenfeuer bei Reibkontaktierung von Graphit/Graphit-Bürsten/Schleifringssystemen.
DFG HO 1483/54-1, 2009 – 2013; DFG HO 1483/54-2, 2013 - 2014
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 - 2013
8. Direkte Regelung der Netz- und Lastgrößen eines Matrixumrichters mit optimalen netz- und lastseitigen Filtern. DFG HO 2010 – 2013

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
11. Prüfstand für elektrische Maschinen und Antriebe mit Schwerpunkten Energieeffizienz und Elektromobilität
DFG INST 269/556-1 FUGG, 2013
12. Hochausgenutzte Synchrone Reluktanzmotoren durch lokale Beeinflussung magnetischer Eigenschaften des Elektroblechs
DFG HO 1483/70, 2013-2015
13. Aktive Dämpfung filterbedingter eingangsseitiger Oberschwingungen an Matrixumrichtern als Antriebsumrichter für direkte und PWM-basierte Regelverfahren
DFG HO 1483/59-2, 2013-2015
14. On-Line Verfahren zur energieeffizienten Betriebsweise von hochausgenutzten elektrischen Antrieben
DFG HO 1483/67-1, 2013-2015
15. Aktive verlustarme Magnetlager hoher Steifigkeit zur Präzision mit integrierter Induktionsmessung und schneller Leistungselektronik
DFG HO 1483/64-1, 2013 - 2014

Industrieprojekte

1. Energieeffiziente elektrische Antriebe mit Außenläufermotoren für den Aufzugsbau
2012 - 2013
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. Permanenterregte Synchronmotoren für Hochgeschwindigkeitsanwendungen.
2011-2013

FVA Forschungsvereinigung Antriebstechnik

Auswahlkriterien für energieeffiziente elektrische Antriebe
2012-2013

BMBF

1. Wachstumskern Auto-Tram – Verbundprojekt: Verkehrssystemtechnik für hochkapazitive, nachhaltige Transportsysteme zwischen Bus und Bahn.
2008 – 2013
2. Wachstumskern LEANTEC-Antrieb - Verbundprojekt: Grundlagen und Untersuchung zu Rotor und Stator; Auslegung, Optimierung und Prüftechnik; Anwendungsspezifische Antriebsregelung und Motorerprobung.
2011 – 2014
3. Schaufenster Elektromobilität; 2013 – 2015
4. Elektrische und thermische Berechnung eines rotierenden dynamischen Gleichrichters.
2013 - 2017

BmWi

SPL-S-Pedelec Lastenrad für urbanen Wirtschaftsverkehr
2013 -2014

AiF

Entwicklung einer fahrdynamikabhängigen Antriebssteuerung für straßentaugliche Elektrofahrzeuge.
2009 – 2013

4.3 Dissertationen

Bastian Rückert

Direkte Leistungsregelung von doppeltespeisten Asynchroneratoren mit optimaler Gleichtaktspannungsführung zur Minimierung von Lagerströmen

Das Problem von Lagerschäden in umrichter gespeisten Antriebssystemen ist schon lange bekannt. Die durch die gepulste Ausgangsspannung der Umrichter entstehende Gleichtaktspannung wird durch das kapazitive Koppelnetzwerk innerhalb der Maschine auf das Lager übertragen. Aus dieser Spannungsbeanspruchung der Lager resultieren unterschiedliche Arten von Lagerströmen, die im schlimmsten Fall zu einer mechanischen Schädigung der Laufflächen und Wälzkörper führen. Insbesondere bei doppeltespeisten Asynchroneratoren für den Einsatz in Windenergieanlagen fällt das Übertragungsverhältnis des kapazitiven Koppelnetzwerks zu Ungunsten der Lagerspannung aus. Dies bedeutet eine deutlich erhöhte Beanspruchung der Lager, wodurch sich erhöhte Kosten für die Wartung und eine geringe Standlaufzeit der Anlagen ergeben. Entgegen der heutigen Praxis, die durch zusätzliche Hardware die Auswirkungen der Gleichtaktspannung zu minimieren versucht, wird in dieser Arbeit eine alternative Variante vorgestellt. Da sich Modulationsverfahren nur bedingt für die Generierung von optimalen Gleichtaktspannungsverläufen eignen, werden die Pulsmuster auf Basis direkter Regelalgorithmen entworfen. Unter optimaler Gleichtaktspannungsführung versteht sich eine minimale Amplitude sowie eine minimale Anzahl an Schaltflanken der Gleichtaktspannung. Es erfolgt die mathematische Herleitung der direkten Leistungsregelung für einen doppeltespeisten Asynchronerator. Anschließend werden wichtige Kenngrößen der direkten Leistungsregelung definiert, mit denen eine Bewertung der erzeugten Pulsmuster erfolgen kann. Ebenfalls werden Merkmale zur Bewertung des Gleichtaktspannungsverlaufs eingeführt. Das Ziel ist eine statische Minimierung der Gleichtaktspannung durch eine gezielte Wahl der korrekten Schaltzustände auf Grundlage des idealen Schaltverhaltens der Leistungsbaulemente abgeleitet. Anschließend wird das reale Schaltverhalten der Leistungshalbleiter in die Betrachtung zur Gleichtaktspannungsminimierung mit einbezogen. Das Stromvorzeichen gibt den Verlauf der Gleichtaktspannung während der Totzeit an und verhindert so eine optimale Minimierung. Eine neue Kommutierungsstrategie wird auf Grundlage der zuvor gewonnenen Kenntnisse entworfen. Abschließend wird eine praktische Ermittlung des Stromvorzeichens aufgezeigt und mit gängigen Verfahren aus der Literatur verglichen und diskutiert. Untermauert werden alle theoretischen Ausführungen durch praktische Messergebnisse, worin gezeigt werden konnte, dass die Gleichtaktspannung nahezu eliminiert werden konnte.

Victor Flores Mendes

Ride-through Fault Capability Improvement through Novel Control Strategies Applied for Doubly-fed Induction Wind Generators, Gemeinsam mit Federal University of Minas Gerais UFMG, (Brasilien) im Rahmen PROBRAL

Due to the continuing growth of the installed power capacity of wind farms worldwide, the modern grid codes define specific requirements to the connection of wind turbines to the grid. One of these requirements is the ride-through fault capability, that is, the equipment capability of continuing operating during voltage sags. The grid codes require that, for some levels and duration of voltage sags, the equipment must not be disconnected from the grid and also supplies reactive power in order to contribute to network voltage stabilization. In this context, the present work analyzes the behavior of the doubly-fed induction generator technology (DFIG) during balanced and unbalanced voltage sags. First, the analysis is developed based on a mathematical modeling in time and Laplace domains, that explains the behavior of the main variables and highlights the effect of the classical control tuning on such variables.

Then, the mathematical approach is proved through experimental results which evidence the behavior of the generator and converters. Such results were obtained in two test benches with rated power of 4 kW and a 25 kW which was projected and mounted during this work. Furthermore, simulation results of a representative model of a 2MW turbine are analyzed in order to extrapolate the conclusions made for the small scale test benches. The results of the classical control show the system weak points. Based on these results novel control strategies are proposed to improve the DFIG ride-through fault capability. The control of the generator magnetizing current

is used during symmetrical voltage sags whereas for the asymmetrical case this strategy is combined with resonant controllers. The strategies are evaluated using simulation and experimental results that demonstrate the improvement of the system ride-through fault capability. The main contributions of this work are the mathematical modeling in the Laplace domain, which permits to evaluate the control effects on the

system behavior during the voltage sags, and the proposal of novel control strategies to improve the system ride-through fault capability. Furthermore, the development of a 25kW test bench is an important contribution because results with higher power than the usually presented in the literature are presented and it will permit other studies related to this theme.

4.4 Ausgewählte Forschungsergebnisse in Kurzform

Dipl.-Ing. Stephan Tenner

Kontaktlose Erregersysteme für Turbogeneratoren mit hohen Dynamikanforderungen

Die immer weiter zunehmende Nutzung von Solar- und Windenergie stellt eine große Herausforderung für die Netzstabilität dar und treibt Energieübertragungs- und Verteilnetze in Deutschland an ihre Belastungsgrenzen. Die Gefahr, dass kleinere regionale Störungen zu großen überregionalen Netzausfällen führen, wird immer größer. So ereignete sich einer der größten Stromausfälle in der Geschichte der Bundesrepublik nach heftigen Schneefällen im Münsterland im Winter 2005. Durch die Schneelast knickten Strommasten ein und rissen Hochspannungsleitungen. Die Versorgung der Verbraucher konnte durch das verbliebene Verbundnetz nicht mehr aufrechterhalten werden. Rund 250.000 betroffene Menschen in Regionen von Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen waren bis zu drei Tage lang völlig von der Stromversorgung abgeschnitten. Schätzungen der IHK Nord-Westfalen zufolge belief sich der wirtschaftliche Schaden auf rund 100 Millionen Euro.



Fig. 1: Final assembly of a turbo generator [Siemens Generator Plant Erfurt]

Um Netzschwankungen und -fehler mit Gas- und Dampfturbinenkraftwerken bedarfsgerecht ausgleichen zu können, werden an moderne Generatoren hohe Dynamikanforderungen gestellt. Damit Generatoren den Anforderungen zukünftig besser gerecht werden, fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) das Verbundprojekt „Rotierender Aktiver Gleichrichter für Turbogeneratoren“ im Rahmen der Bekanntmachung „Leistungselektronik zur Energieeffizienz-Steigerung (LES) Teil 2: Elektronik für die Energie der Zukunft“ Diese Fördermaßnahme ist Teil der Hightech-Strategie der Bundesregierung und erfolgt auf der Grundlage des Programms IKT2020. Am Projekt sind die TU Dresden, die CE-SYS GmbH und die Siemens AG beteiligt. Das Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung einer innovativen kontaktlosen

elektronischen Erregung von Turbogeneratoren mit Haupt- und Hilfsrergermaschinen. Damit werden moderne Generatoren, die in Gas- und Dampfkraftwerken Anwendung finden, in die Lage versetzt, entscheidend zur Netzstabilität beizutragen. Zur Vermeidung wartungsintensiver kontaktbehafteter Realisierungen wird eine Lösung angestrebt, die mit Hilfe moderner steuerbarer Halbleiter-Leistungsbaulemente eine schnelle Auf- und Entregung des Generatorfelds ermöglicht. Die Laufzeit des Projekts beträgt 3 Jahre. Mit Hilfe des neuartigen Erregersystems werden künftig Generatoren mit minimalem Wartungsaufwand den dynamischen Anforderungen der Energiewende gerecht. Durch die geplante Vernetzung der hochdynamischen Turbogeneratoren in Energieübertragungs- und Verteilnetzen wird ein wichtiger Beitrag dazu geleistet, die Einspeiseschwankungen alternativer Energiequellen künftig auszugleichen und die Netzstabilität zu steigern.

Contactless Excitation Systems for Turbo-Generators with High Dynamic Requirements

The steady increasing use of solar and wind energy represents a great challenge for grid stability and pushes the power transmission in Germany to its limits. The risk is increasing that smaller regional disruptions lead to large national grid failures. Thus, one of the largest power blackouts in the history of Germany occurred after heavy snowfall in the region of Münsterland in winter 2005. Through the snow load, power poles buckled and torn power lines. Providing consumer could no longer be maintained by the remaining grid. In affected regions of North Rhine-Westphalia and Lower Saxony, roughly 250,000 people were completely cut off from power supply up to three days. According to estimates by IHK Nord-Westfalen, the economic damage amounted to around 100 million euros.

In order to compensate power fluctuations and failures with gas and steam turbine power plants, high dynamic demand on modern generators is required. Thus generators meet the requirements more effectively in the future; the joint project "Rotating Active Rectifier for Turbo-Generators" is funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). The funding program "Power electronics for energy efficiency increase (LES) Part 2: Electronics for Energy of the Future" is part of the high-tech strategy of the German government and is based on the IKT 2020 program. The TU Dresden as well as the companies CE-SYS GmbH and Siemens AG is involved in the project. Goal of the project is the development of an innovative contactless electronic excitation of turbo-generators with main and auxiliary exciter machine, in order to avoid expensive maintenance of contact-based realizations. Thus, modern generators can contribute significantly to grid stability. The project duration is three years.

Untersuchungen zum Einsatz von Elektroblechen in elektrischen Fahrmotoren

Elektrische Fahrmotoren werden meist im Teillastbereich bei mittleren/hohen Drehzahlen und geringen Drehmomenten betrieben. In diesen Betriebspunkten stellen die Eisenverluste den dominierenden Verlustanteil dar. Daher besitzt die Wahl einer geeigneten Elektroblechsorte eine große Bedeutung bei der Auslegung der elektrischen Maschinen. Der Einfluss des Elektroblechs auf das Gesamtverhalten wurde exemplarisch für eine Synchronmaschine mit V-förmig vergrabenen Magneten mit einer Nennleistung von 22 kW und einer maximalen Drehzahl von 10.000 1/min untersucht. Bei der Auslegung des Fahrmotors wurden der Außendurchmesser, die Polpaarzahl sowie die Wicklung fest vorgegeben. Weitere Geometrieparameter des Stators (z.B. Zahnbreite, Rückenbreite, ...) bzw. des Rotors (z.B. Magnetbreite, Magnetlänge, ...) wurden als variable Parameter (insgesamt acht) definiert. Als Zielstellung des Optimierungsproblems wurde eine minimale Verlustenergie für einen gegebenen Fahrzyklus bei minimaler Motorlänge vorgegeben. Die Verlustenergien wurden dabei für den Artemis-Fahrzyklus bestimmt, da dieser im Vergleich zum am weitesten verbreiteten Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) das typische Fahrverhalten besser widerspiegelt. Das resultierende

multikriterielle Optimierungsproblem (mehrere Zielgrößen) wurde mithilfe des Differential Evolutionary Algorithmus gelöst. Die Untersuchungen wurden dabei auf Basis von statischen 2D-FEM-Berechnungen durchgeführt. Die in Fig.1 dargestellten Ergebnisse bestätigen den großen Einfluss der Blechsorte auf die fahrzyklusabhängige Verlustenergie. Beispielsweise können die Maschinenverluste bei Einsatz von NO20-Blech um ca. 50% im Vergleich zum häufig verwendeten Material M330-50A reduziert werden. Es zeigt

sich weiterhin für alle Blechsorten, dass mit zunehmender Motorlänge die Verlustenergien verringert werden können. Nachteilig beim Einsatz von dünneren Blechen sind insbesondere die hohen Materialkosten. In Tab. 1 sind die Verlustenergien und die Materialkosten für verschiedene Elektrobleche bei einer gewählten Motorlänge von $l_{\text{mot}} = 120$ mm dargestellt. Als Referenzblech wurde M330-50A gewählt. So kann beispielsweise die Verlustenergie bei Einsatz des Blechs M250-35A um 41% im Vergleich zum Referenzblech gesenkt werden, wobei die reinen Materialkosten für das eingesetzte Blech um 37% steigen. Es konnte gezeigt werden, dass die gewählte Blechsorte ein wichtiger Designparameter für einen energieeffizienten Betrieb des

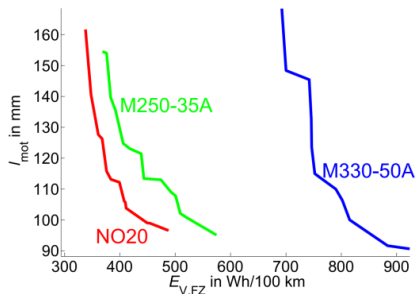


Fig.1: Pareto-Front für verschiedene Blechsorten

elektrischen Fahrmotors ist. Bei den Betrachtungen muss dabei stets das Zusammenspiel zwischen Materialsorte, Materialkosten, Fahrzyklus und Geometrie des Magnetkreises berücksichtigt werden.

Study on the Application of Electric Steels in Traction Motors

The majority of the working points of traction motors are typically located in the part-load operational range, especially at medium/high speeds and low torques. These areas are characterized by particularly high iron losses. The selection of an appropriate steel sheet grade is therefore of high importance for the design process of the electrical machines. The influence of the material on the machine performance has been studied for a V-shaped Interior Permanent Magnet Synchronous Motor (IPMSM) with a rated power of 22 kW and a maximum speed of 10.000 rpm. The design of the motor has been done for fixed outer diameter, number of poles and winding. Other

Blech	Verluste	Kosten
M330-50A	100 %	100 %
M330-35A	-20 %	+11 %
M250-35A	-41 %	+37 %
M250-50A	-11 %	+47 %
NO30	-42 %	+132 %
NO20	-50 %	+216 %
NO10	-51 %	+374 %

Tab.1: Verluste und Materialkosten für verschiedene Blechsorten (Referenzblech: M330-50A)

geometry parameters of the stator (tooth width, yoke width, ...) and rotor (magnet width, magnet length, ...) have been specified as arbitrary parameters (a total of eight). Minimizing the loss energy for a given driving cycle and minimizing the motor length have been defined as objectives for the optimization problem. The loss energy has been determined for the Artemis driving cycle. In comparison to the most common New European Driving Cycle (NEDC) it is characterized by a more realistic driving behaviour. The resulting multi-objective optimization problem has been solved by using the differential evolutionary algorithm and static 2D-FEM calculations. The results as shown in Fig.1 confirm the enormous influence of the selected steel sheet grade on the driving cycle based loss energy. Using NO20 sheets leads for instance to an approximately 50% reduction of the machine losses in comparison to the common M330-50A sheets. Furthermore, it can be seen that an increased motor length leads to reduced losses. It has to be considered as well that thinner steel sheets result in mentionable higher material costs. The loss energies and material costs are listed in Tab.1 for a motor length of $l_{mot} = 120$ mm and M330-50A as reference material. Using the material M250-35A results for instance in a loss reduction of 41% and higher costs of 37% in comparison to the reference sheet. It has been shown that the steel sheet grade is a very important parameter for an energy efficient design of traction motors. The interaction between material, costs, driving cycle and geometry of the magnetic circuit always has to be considered for a comprehensive study.

Einfluss des Fahrverhaltens auf die Energiebilanz eines elektrischen Fahrzeugantriebs am Beispiel der AutoTram®

Der Fahrtrieb des fünfschigen Doppelgelenk-Hybridbusses AutoTram® besteht aus zwei permanentmagneterregten Synchronmaschinen an der zweiten und fünften Achse sowie deren Wechselrichtern. Die Elektromotoren sind über eine feste Achsübersetzung mit den Rädern verbunden. Das Hochvolt-Gleichspannungs-Bordnetz wird von zwei Diesel-Generator-Einheiten versorgt (serielle Hybridtopologie). Die elektrische Energie wird über Doppelschichtkondensatoren zwischengespeichert. In vorangegangenen Forschungsarbeiten wurde die Antriebsregelung für die Maschine unter Nutzung der Daten einer Finite-Elemente-Berechnung des Magnetkreises auf maximale Effizienz in jedem Betriebspunkt optimiert. Unklar bleibt bei dieser Betrachtung die Frage, in wieweit der Fahrer des Busses mit seiner Wahl des Drehmoments in der aktuellen Fahrsituation einen Einfluss auf die Energiebilanz des Antriebs hat. Aus diesem Grund wurde zunächst ein Fahrzeuglängsdynamikmodell des Busses erstellt, um neben den elektrischen Verlusten im Antrieb auch die Verlustanteile durch die Fahrwiderstände zu quantifizieren. Diese bedeuten einen Energieverlust, der nicht unmittelbar in Bewegungsenergie umgesetzt werden kann. Hierbei sind Rollwiderstandskraft, Luftwiderstandskraft und Steigungswiderstand (bei Betrachtung eines Höhenprofils) maßgeblich. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist in Fig.1 dargestellt. $P_{V,mech}$ bezeichnet dabei die Energieverluste durch die Fahrwiderstände. Diese sind bei hohen Drehzahlen des Motors und damit hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten dominant, während die elektrischen Verluste im Antriebssystem vor allem bei hohen Drehmomenten und damit während der Beschleunigung des Fahrzeugs in Erscheinung treten.

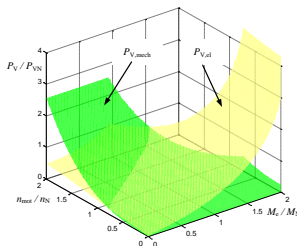


Fig.1: Verlustanteile im Fahrbetrieb

Durch Erstellen einer Kostenfunktion (Summe der Verlustenergien) und Definition von Nebenbedingungen (Drehmoment- und Drehzahlbegrenzung, Leistungsbegrenzung) und Randbedingungen (Geschwindigkeits- und Wegbedingungen) wird ein Optimalsteuerungsproblem formuliert, um denjenigen Geschwindigkeitsverlauf zu ermitteln, der einen vorgegebenen Fahrzyklus mit minimaler Verlustenergie absolviert. Das Optimalsteuerungsproblem kann anschließend mittels Zeitdiskretisierung in ein nichtlineares Problem höherer Ordnung überführt und mit einem geeigneten numerischen Algorithmus gelöst werden. Mit Hilfe dieser Methodik wurde ein gemessener Fahrzyklus der Linie 62 in Dresden berechnet. Es wird jeweils ein Streckenabschnitt zwischen zwei Haltestellen mit seinem Höhenprofil, seinen Geschwindigkeitsbeschränkungen, seinen Geschwindigkeitsreduktionen in Kurven und seinen Randbedingungen optimiert und ein neuer Verlauf der Fahrzeuggeschwindigkeit berechnet. Fig.2 zeigt das Ergebnis

der Optimierung für eine Haltestelle. Man erkennt, dass mit dem berechneten Fahrprofil hohe Beschleunigungen und hohe Geschwindigkeiten vermieden werden, sofern es eine Zeitreserve im Fahrplan gibt, die es erlaubt, diesen Spielraum auszunutzen.

Influence of the driving behavior on the energy balance of an electric drive system using the example AutoTram®

The traction system of the five-axle double-joint hybrid bus AutoTram® consists of

two permanent magnet synchronous machines and their voltage source inverters. The electrical machines are coupled directly to the axis. The high voltage DC link is fed by two Diesel generators (serial hybrid topology) and stored in double layer capacitors. It can be shown that the bus driver has a significant influence on the energy efficiency of the drive with his choice of the torque

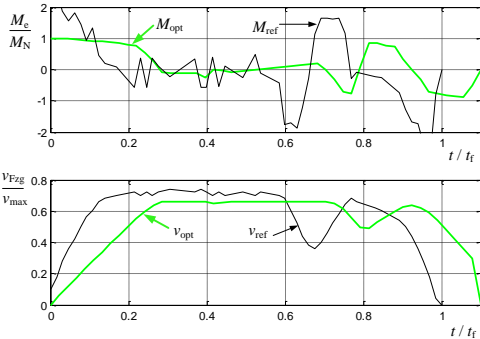


Fig.2: Optimierungsergebnis

reference depending on the drive situation. A vehicle longitudinal dynamics model was created to quantify not only the power losses in the drive itself but also the energy losses due to drive resistance forces. Rolling resistance, aerodynamic drag and climbing resistance have an influence here. The result is shown in Fig.1. $P_{V,mech}$ indicates the losses due to drive resistances. They are significantly high at high speeds whereas the power losses in the drive occur mainly at high torque during acceleration of the bus.

An optimal control problem can be defined by calculating a cost function including all losses and by defining constraints (for torque, speed and power) and boundary conditions (for vehicle speed and track conditions). The aim is to determine a speed characteristic that runs the drive cycle with minimal consumed energy. The optimal control problem can then be transferred into a non-linear optimization problem by using time discretization. With this procedure a measured drive cycle of the Dresden bus line 62 was analyzed. The track section between two stops is optimized with its height profile, the speed limits, the reduction of the speed in curves and all boundary conditions. Fig.2 shows the result of the optimization for one stop. High acceleration is avoided as well as high speeds in general presuming there is a reserve in the time schedule that allows using a flexible end time.

With the help of this innovative excitation system with minimal maintenance, generators will meet dynamic requirements. The planned integration of high-dynamic turbo generators in power transmission and distribution grids is an important contribution to compensate alternating energy sources and to increase grid stability.

Energieoptimale Strategie von Windkraftanlagen mit doppelt gespeisten Asynchrongeneratoren unter Smart Grid Anforderungen

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz der deutschen Bundesregierung sieht vor, den Anteil der Windenergie bis zum Jahr 2020 auf mindestens 20% der Gesamtenergieerzeugung anzuheben. Eine wichtige Vorgabe stellen minimale Verluste beim Betrieb von Windkraftanlagen dar. Maximum Power-Point-Tracking (MPPT) und Maximum Efficiency-Point-Tracking (MEPT) werden als weitere Methoden angewandt. Die MEPT-Methode wurde als Blindleistungsverteilungs-(RPSR)-Methode entwickelt. Ein arbeitspunktabhängiger Teil der Blindleistungserzeugung wird durch die Rotorseite des Umrichters (RSU) gesteuert, und ein anderer Teil der Blindleistungserzeugung wird von der Netzseite des Umrichters (NSU) übernommen (Fig.1). Der Beitrag der Windkraftanlage zur Netzspannungs- und Netzfrequenzstabilität wird ebenfalls berücksichtigt. Windkraftanlagen können zusätzliche Blindleistung ins Netz liefern, um die Spannungsstabilität zu unterstützen. Zusätzliche Wirkleistung kann durch von der Windenergieanlage auch im Fehlerfall in den geforderten Grenzen geliefert werden. Die kinetische Energie des rotierenden Läufers kann darüber hinaus in begrenztem Maße für die Bereitstellung der zusätzlichen Wirkleistung im Fehlerfall genutzt werden. Die entwickelte Regelstruktur zeigt Fig.2.

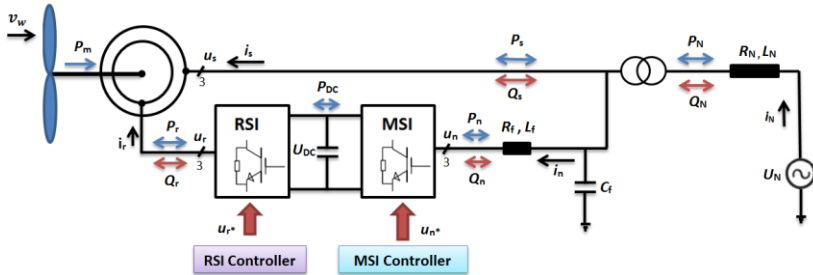


Fig.1: Wind power generator with doubly-fed induction machine

Optimum energy method of wind power plant with doubly fed induction generator under smart grid requirements

German Federal Government announced to increase renewable energy contribution by 2020 at least 20% of overall power generation in Germany, and the MW-class wind power generator will give major contribution to cover the target. It makes minimum power losses operation of wind turbine as an important issue. The maximum efficiency operation method of wind power generator with doubly fed induction machine is studied in this research. The rotor side of generator is connected with two

back-to-back inverters, and the rotor side of generator is connected direct to the electrical network as shown in Fig.1.

The maximum power point tracking (MPPT) and maximum efficiency point tracking (MEPT) methods which optimize wind power generator efficiency have been applied in this research. This MEPT method is based on reactive power sharing ratio (RPSR) method which determines minimum power losses and optimum efficiency of generator at all operation points. A part of reactive power generation is controlled by rotor side inverter (RSI), and another part of reactive power generation is controlled by main side inverter (MSI). The contribution of wind power generator to the network voltage and frequency stability has been studied in this research as well. The wind power generator has capability to deliver additional reactive power required by network for supporting network voltage stability. Moreover, the wind power generator can support network frequency stability by delivering additional active power required by network. The generator can exploit kinetic energy in rotation rotor for delivering additional active power during fault condition. The control structure of wind power plant with doubly fed induction generator is shown in Fig.2.

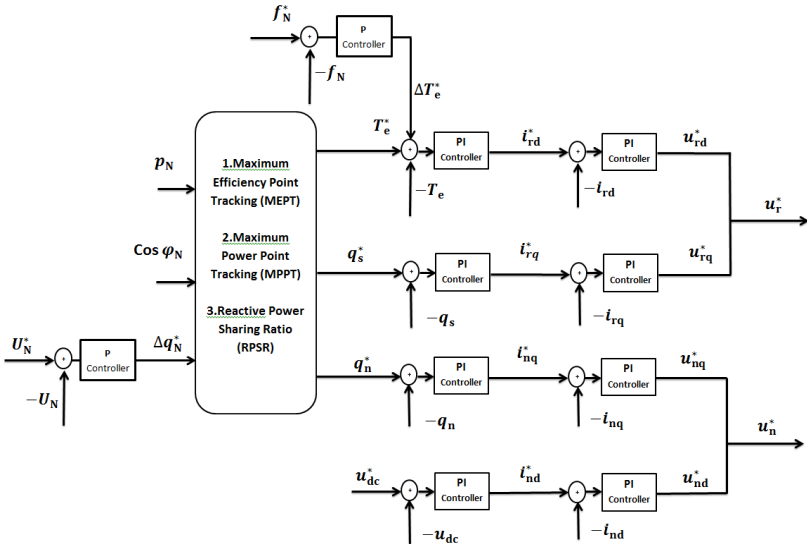


Fig.2: Control structure of wind power generator

Luftspaltwärmeübertragung in einer Transversalfluss-Reluktanzmaschine

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Wachstumskerns LEANTEC wird ein leistungsdichteoptimierter Reluktanzmotor in Transversalbauweise entwickelt. Es handelt sich um einen Motor, bei dem scheibenförmige Rotoren zwischen Statorhälften rotieren. Um eine hohe Leistungsdichte bei gleichzeitig kompakter Bauweise erreichen zu können, muss eine aktive Flüssigkeitskühlung implementiert werden. Da diese nicht zur direkten Rotorkühlung genutzt werden kann, muss die Wärmeübertragung Rotor zu Stator über die Luft im Luftspalt erfolgen. Die Berechnung der Wärmeübergangskoeffizienten im Luftspalt ist daher von besonderer Bedeutung.

Das scheibenförmige Rotor-/Statorsystem kann als ebener Spalt betrachtet werden. Es gelten näherungsweise die Strömungsgleichungen des durchströmten Rohres, wobei als charakteristische Länge die doppelte Spaltweite eingesetzt werden muss. Aufgrund der geringen Luftspaltweite und der vergleichsweise niedrigen Drehzahlen bleibt die Strömung stets laminar. Die Dicke der zähen Unterschicht, in der durch die Wandreibungskräfte keine Wirbel entstehen können, liegt bereits in derselben Größenordnung wie die Luftspaltweite. Daher kann sich erst bei sehr großen Drehzahlen eine vollständig turbulente Strömung ausbilden. Da der Luftspalt nicht belüftet ist, gibt es keinen hydrodynamischen Anlauf und keinen Wärmetransport im Fluid aus dem System. Die Wärmeübertragung kann nur durch reine Wärmeleitung von Rotor zu Stator durch das Fluid erfolgen und ist unabhängig von der Drehzahl des Motors. Bei einer Luftspaltweite von $\delta=0,5\text{mm}$ ergibt sich analytisch eine Wärmeübergangszahl von $\alpha_L=57,2\text{W/m}^2\text{K}$. Zum Vergleich wurde eine FEM-Simulation durchgeführt, der die reale Luftspaltgeometrie zugrunde liegt. Die Lösung des Modells bei laminaren Strömungsverhältnissen führt zur Wärmeübergangszahl $\alpha_L=57,9\text{W/m}^2\text{K}$. Für verschiedene Drehzahlen bleibt diese Zahl erwartungsgemäß konstant.

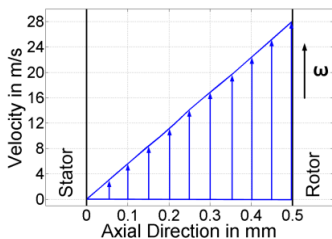


Fig.1: Velocity profile over airgap-width at $n = 1500 \text{ rpm}$

Die Fig.1 und 2 zeigen exemplarisch das lineare Strömungsprofil über der Luftspaltweite und den Druckanstieg über der Rotorhöhe durch radiale Beschleunigung der Luft. Diese Druckdifferenz könnte bei einem belüfteten Luftspalt zum Treiben eines radialen Luftstromes verwendet werden. Die Kühlung ließe sich durch die Belüftung erheblich verbessern, dem sind allerdings konstruktive und räumliche Grenzen gesetzt.

Air gap heat-transfer in a transverse flux reluctance machine

Within the scope of the BMBF funded LEANTEC project a power density optimized reluctance motor in transverse flux design is developed. It is a motor, in which disc type rotors are set between stator halves. To retain a high power density at compact construction, active fluid cooling must be implemented. Since this cannot be used for direct rotor cooling, heat transfer from rotor to stator must be achieved via the air of the air gap. Calculation of heat-transfer coefficients in the air gap is therefore of particular importance.

The disc type rotor/stator system can be considered as a plane gap. Flow equations for pipe flows are approximately valid, whereat the characteristic length must be substituted by the doubled gap width. Due to the small air gap width and the, in comparison, low revolution speeds the flow always stays in the laminar flow regime. The thickness of the viscous sub-layer, in which no turbulences can occur due to wall-friction losses, lies in the same magnitude as the air gap width. Therefore total turbulent flow can only be developed at very high revolution speeds.

There is no hydrodynamic start-up and no heat transport via the fluid to the outside, due to the air gap not being vented. Heat transfer therefore can only be made through pure heat conduction between rotor and stator, independent of revolution speed. At an air gap width of $\delta=0,5\text{mm}$ an analytical heat transfer coefficient of $\alpha_A=57,2\text{W/m}^2\text{K}$ can be calculated. To compare these results, an FEM-simulation was carried out in which the real air gap geometry was used. The solution of this model in the laminar flow regime leads to a heat transfer coefficient of $\alpha_A=57,9\text{W/m}^2\text{K}$, which is very close to the analytic value. As expected, this number does not change with different revolution speeds. **Fig.1 and 2** show exemplarily the linear flow profile over air gap width and the pressure rise over rotor height due to radial acceleration of the air. This pressure difference, though very small, could be used to drive a radial air flow in a vented air gap.

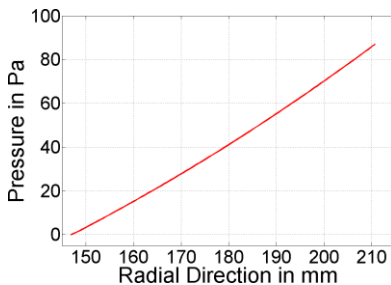


Fig.2: Pressure profile over airgap-height in middle of airgap

Heat dispersion capability could be greatly improved with a vented air gap, there are, however, constructive limitations, such as stiffness of rotor and stator and spatial limitations such as the housing of the machine. Additionally, the small air gap would require special measures to force a high enough air flow through, which again would lead to higher friction losses.

Verlustminimale Steuerung einer elektrisch erregten Synchronmaschine (EESM)

Seit über 30 Jahren wird das Thema Verlustminimierung und Wirkungsgradoptimierung für Drehstrommaschinen untersucht und weiter entwickelt. Viele Veröffentlichungen konzentrieren sich auf die Suche nach einer optimalen Struktur sowie geeigneten Materialien für Maschinen. Daneben ist eine Verbesserung der Maschineneffizienz anhand automatischer Steuerungstechniken möglich.

Die EESM ist sehr weit verbreitet als Generator in Kraftwerken und als Lichtmaschine in Kraftfahrzeugen. Außerdem wird diese Maschine heutzutage als Traktionsmotor verwendet. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Verlustminimierung einer EESM mit Fremderregung. Dabei wird die variable Gleichspannung U_f aus einem Netz- Drehstromsystem mit gesteuertem Gleichrichter oder aus einem Energiespeicher mit DC/DC-Wandler erzeugt (siehe Fig.1).

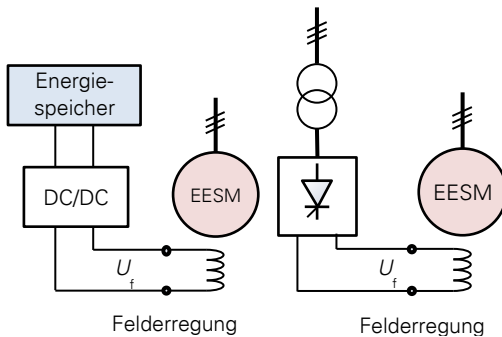


Fig.1: EESM mit Fremderregung

Die Minimierung der Verluste einer EESM wird durch die Wahl der Stromaufteilung von Längs-, Quer- und Erregerstrom aus der Drehmomentanforderung und der aktuellen Drehzahl erreicht. Dabei müssen die Spannungs- und Stromgrenzen durch entsprechende Randbedingungen eingehalten werden. Die Optimierungsaufgabe lässt sich durch numerische Verfahren lösen.

Ein genaues Modell für die Berücksichtigung der Gesamtverluste zu entwickeln, gestaltet sich als schwierig.

Ein neues Hybrid-Verfahren zur Minimierung der Stromwärmeverluste in Stator- und Rotorwicklungen wird vorgeschlagen (siehe Fig.2). Die Wicklungswiderstände bilden das Verlustmodell, welches durch eine Messung bestimmbar ist. Zur Parameternachführung wird ein Tuning-Algorithmus verwendet. Damit kann die optimale Trajektorie nachgeführt werden.

Das vorgeschlagene Verfahren wird nur im Ankerstellbereich berücksichtigt, kann aber später auf andere Bereiche erweitert werden.

Loss minimization control of an Electrically Excited Synchronous Machine (EESM)

For more than 30 years, the theme loss minimization and efficiency optimization for three phase machines has been studied and today is continuously developed. Many publications focus on the search for an optimal structure as well as better materials of machines. However, efficiency can also be improved by intervening in the motor operation principle with automatic control techniques.

The EESM is widely used as a generator in power plants and in motor vehicles. Today this machine is also used as traction motor. The aim of this work is loss minimization control of an EESM with separate excitation, in which the variable DC voltage is generated from 3-phase voltage system with controlled rectifier or power storage with DC/DC converter (see Fig.1).

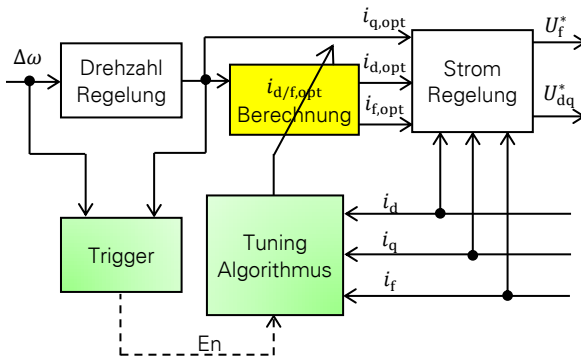


Fig.2: Vorgeschlagenes Hybrid-Verfahren

The loss optimization of an EESM is achieved by a choice of the reference current values – rotor current as well as d- and q- axis stator current – from demanded motor torque and rotor speed under the constraints of current- and voltage limits.

The optimization task of total losses can be solved by numerical methods. However, it is difficult to determine the exact knowledge of measurable machine parameters, which are required for an effective optimization. For this reason, a new hybrid method for minimizing only the copper losses, which are developed by the resistances of the stator- and rotor windings, is proposed (see Fig.2). A Tuning-Algorithmus is used in order to overcome the problem of variation of the motor parameters and can adjust to every operating point of the motor.

The proposed method is already implemented in the basic speed range and can be developed later into others.

Optimale Abstimmung des Mehrfachantriebs an einem S-Pedelec-Lastenrad

Die Diskussionen um die Elektromobilität als das Fortbewegungsmittel der Zukunft konzentrieren sich vordergründig auf elektrifizierte Personenkraftwagen. Ungeachtet dessen findet die breite Markteinführung elektrischer Fahrentriebe bereits statt, bei Zweirädern. So wurden laut Zweirad-Industrie-Verband allein im Jahr 2012 deutschlandweit 380.000 Elektrofahrräder abgesetzt.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens soll für den Mehrfachantrieb eines Lastenrades eine optimale Abstimmungsstrategie erarbeitet werden. Fig.1 zeigt die Antriebsstruktur.

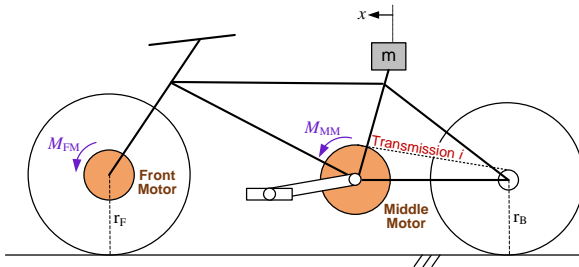


Fig.1: Traction motors at the cargo bicycle

Der in der Vorderradnabe angeordnete Frontmotor wirkt als Direktantrieb. Zusätzlich ist an der Pedalachse ein Mittelmotor vorgesehen. Dieser generiert, unterstützt zum Fahrer, ein Drehmoment, welches abhängig vom Übersetzungsverhältnis i der Kettenschaltung auf das Hinterrad übertragen wird. Insgesamt bewirken beide Motoren die Vortriebskraft

$$F_A = M_{FM} \cdot \frac{1}{r_F} + M_{MM} \cdot \frac{1}{r_B} \cdot i,$$

welche zur Überwindung des Fahrwiderstandes bzw. zur Beschleunigung der Gesamtmasse führt. Die Motoren unterscheiden sich in ihrer Bauart, dementsprechend auch in ihrer Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik sowie ihrem Wirkungsgradkennfeld. Zielstellung einer optimalen Antriebsabstimmung ist es, dass im stationären Fall die zu generierende Vortriebskraft so auf beide Motoren verteilt wird, dass minimale Verluste bzw. ein maximaler Gesamtwirkungsgrad entsteht, sowie im Falle des Überlastbetriebs beim Anfahren in keinem Motor die maximal zulässige Temperatur überschritten wird.

Fig.2 zeigt die gesamte Struktur der Sollwertgenerierung. Eine übergeordnete Routine erzeugt Führungswerte für die Vortriebskraft. Währenddessen wird für jeden Motor, gemäß der aktuellen Fahrsituation und auf Basis hinterlegter Wirkungsgradkennfelder, ein Zusammenhang zwischen Verlustleistung und Abgabedrehmoment bereitgestellt. Die Routine für die Optimalabstimmung bündelt die Information und ermittelt daraus die günstigste Aufteilung der Soll Drehmomente.

Optimum torque allocation for the drives of an S-Pedelec cargo bicycle

In discussion about electric mobility most attention is drawn to automobiles. Meanwhile, bicycle industry already succeeds in bringing electrical drives into the market.

The associated research project deals with a cargo bicycle, which is driven by two motors. The first is situated within the front wheel and acts as a direct drive. The second takes effect at the chain wheel and supports the driver's pedal movement, as depicted in Fig.1. Altogether, both motors generate a traction force according to given equation. The aim of this work is to develop an algorithm for torque allocation, that provides minimum losses within the motors in stationary case. In other words, the combined efficiency rating should be maximum. Takes care that none of the motors suffers from overtemperature in case of overload. Overload is likely to happen during accelerating periods with high payloads.

Figure 2 presents the whole structure of reference value generation.

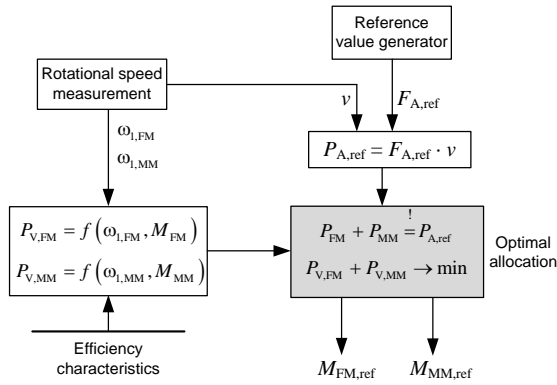


Figure 2: Structure of reference value generation

A higher level routine produces desired values for the traction force. Simultaneously, a second routine processes the current drive state and specifies a relation between power loss and torque for each motor. Based on that information, the final optimization routine calculates the optimum torque allocation.

Aktive Dämpfung von Oberschwingungen am eingangsseitigen LC-Filter von Antriebsumrichtern durch Anpassung der Eingangswirkleistung

Beim Betrieb elektrischer Maschinen mit Hilfe von leistungselektronischen Umrichtern kommt es bei der Verwendung von direkten Topologien oder induktiven Zwischenkreisen zur Erzeugung pulsformiger Ströme am Eingang des Umrichters. Um diese entsprechend den gültigen Normen für das Versorgungsnetz zu konditionieren, bietet das klassische LC-Filter eine einfache Möglichkeit, wie in Fig.1 dargestellt.

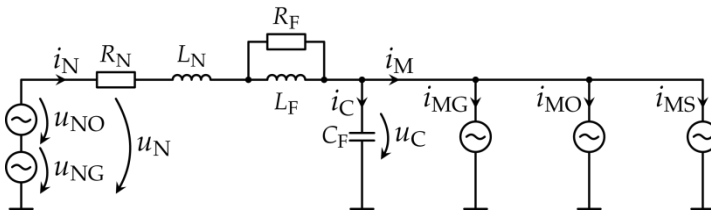


Fig.1: LC-Filter im einphasigen Ersatzschaltbild mit netz und umrichterseitiger Anregung sowie passiver Dämpfung parallel zur Induktivität

Das LC-Filter ist ein schwingungsfähiges System 2. Ordnung und besitzt somit eine Resonanzstelle. Um einen stabilen Betrieb zu gewährleisten wird dieses in der Regel mithilfe eines passiven Widerstands parallel zur Induktivität gedämpft. Durch diese Maßnahme verringert sich jedoch gleichzeitig die Dämpfung im Schaltfrequenzbereich des Umrichters. Eine Möglichkeit ausschließlich den Resonanzbereich passiv zu dämpfen, wäre die Parallelschaltung eines Widerstands zum Filterkondensator. Eine solche Realisierung der Dämpfung des Resonanzbereichs, würde jedoch zu unverhältnismäßig großen Verlusten im Dämpfungswiderstand führen.

Um basierend auf dieser Erkenntnis trotzdem eine ausschließliche Dämpfung des Resonanzbereichs zu erreichen, muss die Betrachtung des Filters auf den Umrichter samt Antriebsmaschine erweitert werden. Je nach Arbeitspunkt der Maschine wird eine bestimmte Menge an Wirkleistung benötigt, um Verluste auszugleichen und ein Drehmoment aufzubringen. Diese Wirkleistung muss am Eingang des Umrichters aufgenommen werden und wirkt sich dort, wie der Parallelwiderstand, dämpfend auf den Resonanzbereich des Filters aus. Um eine vom Arbeitspunkt unabhängige Dämpfung zu erreichen kann der Zwischenkreis oder Speicherelemente in der Antriebsmaschine zur Wirkleistungseinprägung am Umrichtereingang mitverwendet werden.

Die Dämpfung mithilfe eingangsseitiger Wirkleistung wird als aktive Dämpfung verstanden. In den bisherigen Veröffentlichungen wird hierzu ein konstanter virtueller Dämpfungswiderstand verwendet, um bei gegebener Eingangsspannung den für die Dämpfung benötigten Eingangsstrom am Umrichter zu berechnen. Im Rahmen des

DFG-Fortsetzungsantrages HO 1483/59-2 wird dieser Vorgang unter Verwendung eines zeitveränderlichen virtuellen Dämpfungswiderstandes erfolgen.

Werden Oberschwingungen im Filter aus dem Netz angeregt, führen diese bei konstanter Eingangsleistung des Umrichters zu einer über der Zeit veränderlichen Dämpfung. Eine Anpassung des virtuellen Dämpfungswiderstandes, in Form einer Eingangsleistungsmanipulation, kann zu einer stabilen Dämpfung führen. Inwiefern diese Methode die gewünschten Effekte erzielt und wie sie sich mit direkten Umrichterologien erzielen lassen, soll Teil der zukünftigen Forschungsarbeit sein.

Active damping of harmonics at the grid side LC-filter of drive converters through modification of the converter power input

While powering electrical machines by using power electronic converters the current at the input side of the converter will consist of current pulses. These will be generated by the modulation scheme if a current based dc-link or a direct topology is chosen. A LC filter is used as an easy solution to customise them so they will comply with national standards. It is shown in Fig.1.

The LC filter is an oscillatory second order system and so it has a point of resonance. Normally, the resonance point is damped by a resistor in parallel to the filter inductor to guaranty a stable operation. But this also reduces the damping in the switching frequency range of the converter. One way to increase the damping only in the area of resonance is to bring a resistor in parallel to the filter capacitor. However, this way of damping the resonance area will result in losses that would be out of scale.

The converter and the attached electrical machine have to take into account to realize damping only in the resonance area without using a passive resistor. The machine will need a defined amount of active power to serve the losses and realize the wanted torque depending on its operating point. The active power at the input of the converter will affect the LC filter like the resistor in parallel to the capacitor and will only damp the resonance area. Using the dc-link or the energy storages in the electrical machine a control can be defined that is independent from the operating point of the machine.

Here, active damping is defined as damping with the help of active power. In the latest publication a constant virtual resistor is used to calculate the input current by measuring the input voltage of the converter. While working on the DFG application HO 1483/59-2 the input modification shall be done by using a variable virtual damping resistor.

If harmonics are initiated by the grid voltage system and the input power of the converter is constant the damping factor of the LC-filter will be time variant. The adjustment of the virtual resistor by changing the input power can stabilize the damping factor. However, this method of active damping is new and not investigated yet. It is not totally clear how it will affect the LC-filter and how to realize this method with the help of direct converter topologies. This will be the main task of the coming research.

Neues Verfahren für die netzseitige Regelung des Matrixumrichters bei Anwendung der direkten Drehmomentenregelung für Asynchronmaschinen

Für energieeffiziente Antriebe spielen Netzurückwirkungen eine große Rolle. Aus diesem Grund sollten elektrische Antriebe nicht nur einen hohen Wirkungsgrad aufweisen, sondern auch zusätzliche Anforderungen netzseitig erfüllen. Diese sind geringe Oberschwingungsanteile des Netzstromes sowie ein einstellbarer Leistungsfaktor an der Netzseite. Der direkte Matrixumrichter (DMC – Direct Matrix Converter) zeichnet sich durch eine besonders hohe Leistungsdichte aus, da der Zwischenkreis entfällt. Es ist lediglich ein eingangsseitiges Netz-Filter nötig, um den pulsformigen Eingangsstrom zu einem sinusförmigen Netzstrom zu glätten. Die einfachste Filtertopologie ist hierbei das LC-Filter. Bei Anwendung der direkten Regelungsverfahren ergibt sich jedoch ein breites Frequenzspektrum des Eingangsstromes, durch das das Filter zum Schwingen angeregt wird. Die Folge ist ein stark überschwingungsbehafteter Netzstrom.

Das neue Regelverfahren für den DMC, das die direkte Drehmomentenregelung (DTC – Direct Torque Control) mit der Spannungsregelung der eingangsseitigen Kondensatorspannung kombiniert, stabilisiert das LC-Filter. Im aktiven Betrieb sind mit dem neuen Regelungsverfahren keine weiteren Dämpfungsmaßnahmen mehr nötig, wie z.B. ein passiver Dämpfungswiderstand parallel zur Filterdrossel. Zusätzlich kann die Netzblindleistung entsprechend den Anforderungen des Netzes eingestellt werden.

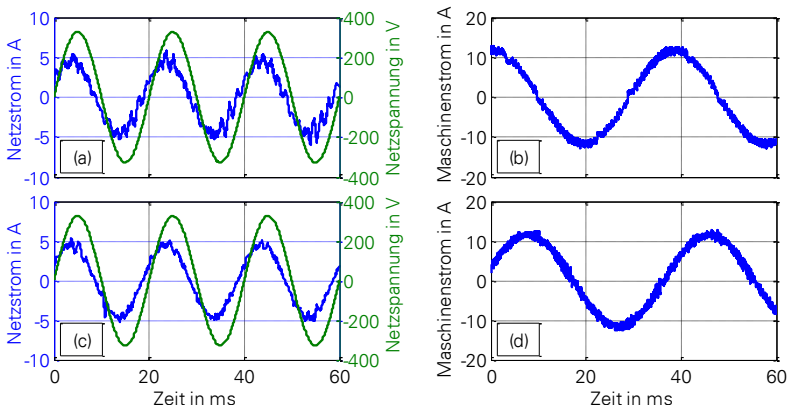


Fig.1: Vergleich der Simulationsergebnisse unter Anwendung des konventionellen Verfahrens ((a) und (b)) und des neuen Verfahrens ((c) und (d))

Die Funktionsfähigkeit wurde simulativ nachgewiesen. In **Fig.1** sind auszugsweise die Simulationsergebnisse bei halber Nenndrehzahl der Asynchronmaschine und vollem Nennmoment dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Netzstrom unter Anwendung der konventionellen DTC mit passiv gedämpften LC-Filter (**Fig.1 (a) und (b)**) immer noch einen deutlichen Oberwellenanteil besitzt. Durch das neue Verfahren kann der Oberschwingungsanteil trotz des ungedämpften LC-Filters verringert werden (**Fig.1 (c) und (d)**). Gleichzeitig bleibt der Vorteil der hohen Antriebsdynamik, welcher kennzeichnend für die direkte Momentenregelung ist, erhalten.

New Method for grid side control of the Direct Matrix Converter with use of the Direct Torque Control for induction machines

The feedback on the grid by the use of converters is an important point for energy efficient drives. Accordingly, electrical drives should not only have a high electrical efficiency. They also have to satisfy additional requirements regarding the grid quality. These requirements are related to current harmonics and a controllable power factor at the grid side. The direct matrix converter (DMC) features a high power density caused by absence of the dc circuit. Only a filter at the grid side is required to obtain a smooth sinusoidal grid current. The simplest filter topology is the LC filter. However, the wide frequency spectrum of the input current which is induced by direct control strategies causes oscillating electrical values of the vibratory LC filter. The result is a grid current with strong harmonic content.

The new control strategy for the DMC combining the direct torque control (DTC) with the voltage control of the input side capacitors stabilizes the LC filter. No additional damping arrangements like a passive damping resistor in parallel to the filter inductor are required during active operation. Furthermore the reactive grid power can be adjusted.

The viability was verified by simulative study. In **Fig.1** some simulation results with a half rated speed and full rated torque of the induction machine are depicted. It was shown, that the grid current by use of the conventional DTC with passive damped LC filter still contains notable harmonics (**Fig. 1 (a) and (b)**). Despite the undamped LC filter, the harmonic content is decreased by use of the new control method (**Fig.1 (c) and (d)**). Simultaneously the advantages of high drive dynamic which is distinguishing for direct torque control is preserved.

Erfassung der Luftspaltinduktion aktiver Magnetlager auf Basis ultradünner, flexibler Hall-Sensoren

Zur Verbesserung der dynamischen Steifigkeit und der Präzision der Rotorpositionierung aktiver Magnetlager wurden mehrfach flussbasierte Regelungen vorgeschlagen. Dabei besteht für einen Großteil der magnetgelagerten Antriebe die Schwierigkeit, konventionelle Magnetfeldsensoren in den kleinen Luftspalten von typischerweise $500\ \mu\text{m}$ zu integrieren. Gemeinsam mit dem Institut für Integrative Nanowissenschaften (IFW Dresden, Prof. O. G. Schmidt) wurde ein flexibel verformbarer Wismut-Hall-Sensor (Fig. 1a) mit einer Gesamtbauhöhe von $150\ \mu\text{m}$ entwickelt und in einem aktiven Radiallager eines zweiachsig magnetisch gelagerten Rotors (Fig. 2a) integriert. Quadratische Wismut(Bi)-Sensorelemente (Fig. 1b) mit einer Aktivfläche von $1 \times 1\ \text{mm}^2$ und einer Schichtdicke von $2\ \mu\text{m}$ werden dazu auf ultradünne Multilagen-Leiterplattenmaterial aus Polyimid abgeschieden (Fig. 1c). Die auf gekrümmten Poloberflächen zu montierenden Sensorelemente liefern nach erfolgter Messsignalaufbereitung eine vom Biegeradius unabhängige Auflösung der Luftspaltflussdichte von derzeit $25\ \text{mT}$ in einem Messbereich bis $2,3\ \text{T}$. Mit Verfügbarkeit der Technologie ultradünner Magnetfeldsensoren kristallisieren sich drei mögliche Anwendungsszenarien für Magnetlagersysteme heraus. Während die zusätzliche Integration der Flussdichtesensorik sowohl zur Erhöhung der Positioniergenauigkeit als auch zur Steigerung der Zuverlässigkeit durch Messsystemredundanz nutzbar ist, kann ebenso die Realisierung eines flussbasiert geregelten, positionssensorlosen aktiven Magnetlagersystems Bauraum- und Kostenvorteile für Zielanwendungen mit geringen und mittleren Positionieranforderungen bieten. Die entwickelten $150\ \mu\text{m}$ dünnen, flexiblen Sensoren wurden auf dem Statorpol (Fig. 1d) eines Heteropolarlagers mit homopolarer, permanentmagnetischer Vormagnetisierung integriert und deren Funktionsfähigkeit im Magnetlagersystem (Fig. 2b) anhand des Magnetfeld-Monitorings während des Betriebs gezeigt (Fig. 2c).

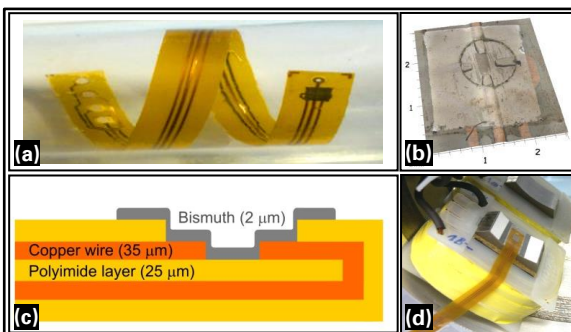


Fig. 1:
(a) Ultra-thin and flexible Hall sensor
(b) Bismuth Hall element: size $1 \times 1\ \text{mm}^2$;
(c) Cross section of double layer PCB
(d) Integrated sensor on curved stator pole

Active magnetic bearings using integrated flux density measurement by ultra-thin flexible Hall sensors

To improve the dynamic stiffness and precision of rotor positioning of active magnetic bearings (AMBs) flux based control algorithms were suggested. However, typical air gap in AMBs of less than $500\ \mu\text{m}$ is too narrow to fit there conventional semiconductor-based magnetic field sensors with a thickness of more than $400\ \mu\text{m}$. In collaboration with the Institute for Integrative Nanosciences (IFW Dresden, Prof. O. G. Schmidt) we fabricated a flexible and ultra-thin Bismuth Hall sensor (Fig. 1a) characterized by a total thickness of $150\ \mu\text{m}$ including cabling. These sensors were successfully integrated into a conventional radial magnetic bearing providing a two-axes actively controlled rotor suspension (Fig. 2a). Therefore, square shaped Bismuth (Bi) sensor elements (Fig. 1b) with an active area of $1 \times 1\ \text{mm}^2$ and thicknesses of $2\ \mu\text{m}$ are deposited on ultra-thin commercial multilayer-PCBs made of Polyimide (Fig. 1c). After installing the sensors on the typically curved pole surfaces (Fig. 1d) they provide a resolution of about $25\ \text{mT}$ within a range of up to $2,3\ \text{T}$. The sensor performance is independent from mechanical deformation like bending. Basically the flux density measurement using ultra-thin Hall sensor can potentially applied to different AMB applications: An additional integration of a flux density measurement system can be used to increase positioning accuracy as well as to improve the system reliability by redundancy of measurement systems. Furthermore, flux based controlled position sensorless AMBs can be advantageous compared to the state-of-the-art solutions concerning space and costs for applications with lower requirements in accurate positioning. We demonstrate that the magnetic flux density of a heteropolar AMB with homopolar bias magnetization can be successfully monitored during operation by using the developed $150\ \mu\text{m}$ thin and flexible Bismuth Hall sensors (Fig. 2b,c).

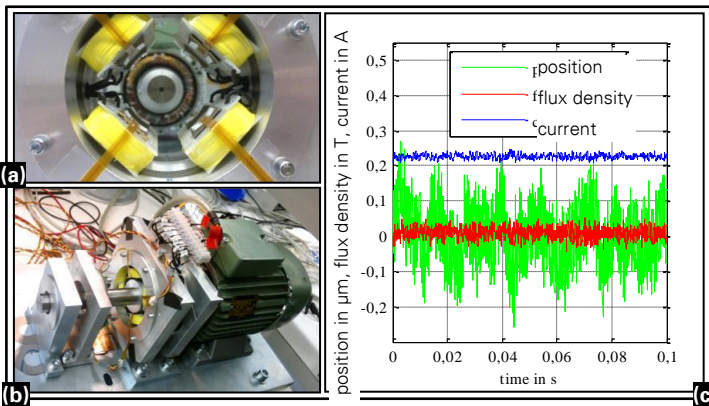


Fig.2: (a) Radial magnetic bearing; (b) Test setup of two-axes AMB; (c) Monitoring of magnetic flux density inside the air gap of $0,5\ \text{mm}$ between stator pole and rotor

Entwurf eines prädiktiven Regelverfahrens für hochpolige Reluktanzantriebe in Transversalflossbauweise und Implementierung auf einem FPGA

Im Rahmen des regionalen Wachstumskerns „Leantec“ wird ein hochpoliger geschalteter Reluktanzantrieb in Transversalflossbauweise mit hoher Leistungsdichte entwickelt.

Die Drehmomentregelung von geschalteten Reluktanzmaschinen (GRM) birgt aufgrund der stark nichtlinearen Maschinencharakteristik besondere Herausforderungen. Bereits die Modellbildung gestaltet sich im Vergleich zu Drehfeldmaschinen (DM) sehr komplex. Während bei DM von konstanten Induktivitäten ausgegangen werden kann, ist bei GRM der Zusammenhang zwischen Flussverkettung und Strom sowohl von der Rotorlage als auch von der Sättigung abhängig (vgl. Ψ - i -Kennlinien in Fig. 1).

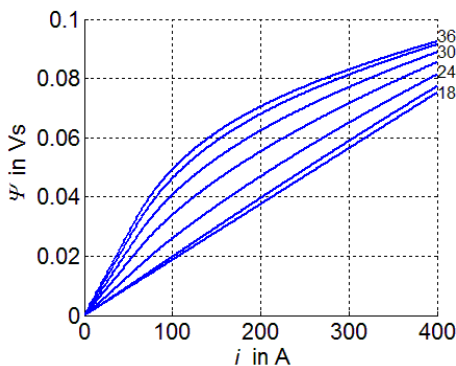


Fig.1: Ψ - i -characteristics

Bisher gibt es kein Standardregelverfahren für GRM wie z.B. die Vektorregelung für DM. Weiterhin steigt mit zunehmender Polzahl die Geschwindigkeit, in der sich die Maschinenzustände ändern. Somit ist schon bei geringen Drehzahlen eine Nachführung der Ströme nicht mehr befriedigend möglich. Dies gilt insbesondere in Bereichen der Phasenkommutierung.

Abhilfe schafft hier eine prädiktive Regelung, die die Maschinenzustände vorausrechnet, so dass durch frühzeitige Regelungseingriffe die Sollgrößen eingepreßt werden können. Um diese umfangreichen Rechenoperationen schnell genug durchführen zu können, wird ein FPGA eingesetzt. Durch dessen Fähigkeit parallel rechnen zu können und seine strukturbedingte Schnelligkeit in der Auswertung von Look-Up-Tables eignet er sich besonders gut für diese Aufgabe. Modellbildung der GRM, Regelungsentwurf und Erprobung erfolgte dabei ausgehend von gemessenen Ψ - i -Kennlinien bzw. FEM-Daten in Matlab/Simulink. Aus diesen Modellen kann dann der für die Implementierung auf dem FPGA erforderliche VHDL-Code generiert werden und in die zugehörige Entwurfssoftware zur Synthese importiert werden. Fig.2 veranschaulicht diesen Arbeitsablauf.

Concept of a predictive controller for a multi-pole reluctance drive in a transverse flux design and implementation on FPGA

Within the “Leantec” project a switched reluctance drive with a large number of poles and a transverse flux design is developed.

The torque control of switched reluctance motor is very challenging because of its strong nonlinear characteristic. Just modeling the machines operating behavior is much more complex than that of induction machines. Whereas induction machines have constant inductivities, the relation of flux linkage and current depends on rotor angle as well as on the degree of saturation (see Fig.1).

So far there is no standard control method for switched reluctance drives just like the vector control for induction machines. Furthermore the velocity of the machines states changing increases proportional to the machines number of poles. Consequently the phase currents can't be tracked to their ideal reference values, which guaranty an ideal torque. This is essential when phase currents commutates.

A predictive control design meets the requirements and computes future machine states to forecast control operations in time. As a result the controller has to deal with extensive calculations. For this reason a FPGA is used. It provides parallel computing and fast evaluation of look-up-tables due to its structure.

Modeling, controller design and simulation are done under Matlab/Simulink. The gained system models are ported to the FPGAs EDA-tool as VHDL-code, where this code is synthesized and programmed to the FGPA. Fig.2 illustrated the workflow.

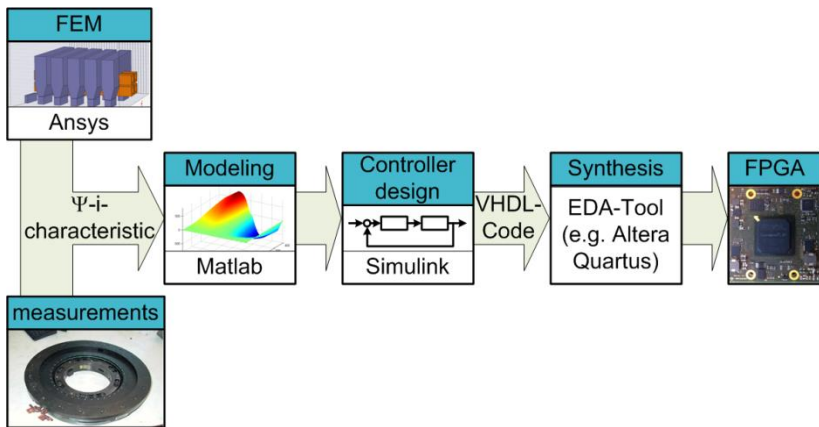


Fig.2: Arbeitsablauf / workflow

5 AUSSTATTUNG DES LEHRSTUHLS

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

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



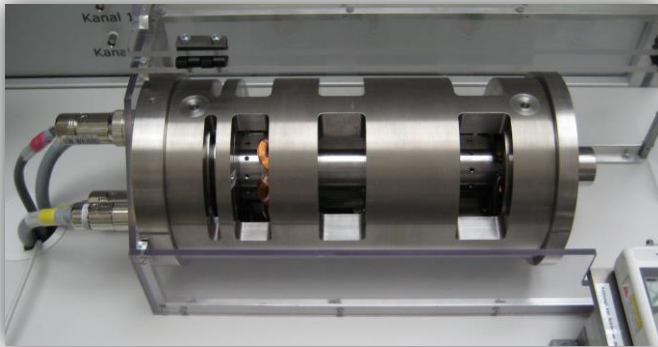
5.1 Forschungsversuchsstände

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



- Optimale Bewegungssteuerung mit Rotations- und Linearantrieben
- Matrixumrichter, Z-Source-Inverter

- Rechnergestützte Bewegungssteuerung: automatisierter Entwurf des Programm-kodes 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 stromrichtergespeiste Antriebssätze Gleichstrommotor - Drehstrommotor (je 10 kW)
- Drehstromtrafo
- Feldorientierte Regelung (sensorloser Betrieb)
- Stoßkurzschluss bei Synchronmaschinen
- Gleichstrom- und Drehstromstelantriebe
- Bewegungssteuerung, graphische Programmierung, Echtzeitcodegenerierung, Profibus (3 Drehstromstelantriebe)
- 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. Germar 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. Falk Bahr

Dipl.-Ing. Henry Barth

Dipl.-Ing. Kenneth Benath

Dipl.-Ing. Jan Döring

Dipl.-Ing. Erik Fleischer

Dipl.-Ing. Stephan Günther

Dipl.-Ing. Ahotondji Tomi Hermann Houenouvo

Dipl.-Ing. Eike Jenßen

Dipl.-Ing. Jacob Jung

Dipl.-Ing. Henning Kasten

Dipl.-Ing. Sebastian Krauß

Dipl.-Ing. Martin Leubner

M.Sc.E.E. Chi Dung Nguyen

M. phil. Van Binh Nguyen

Dipl.-Ing. Nico Remus

Dipl.-Ing. Ferdinand Rüger

Dipl.-Ing. Jörg Schützhold

Dipl.-Ing. Gunar Steinborn

M. Sc. Rahmat Suryana

Dipl.-Ing. Stephan Tenner

Dipl.-Ing. Stefan Ulbrich

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. Thomas Bach

Dipl.-Ing. Li Chen

Dipl.-Ing. Bernd Cebulski

Dipl.-Ing. (FH) Martin Eckart

Dipl.-Ing. Marco Festa

Dipl.-Ing. Stephan Kunckel

Dipl.-Ing. Sebastian Krauß

M.Sc. Sören Miersch

Studentische Hilfskräfte:

Andreas Pichl, Shixuan Ai, Michael Elst, Michal Hasenkopf, Richard Vogt, Li Xiang, Kunze, Tobias Micklitz, Roman Pärschke, Mingliang Yang,

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

