

©2014 IMAB

Technische Universität Braunschweig

Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen

Hans-Sommer-Straße 66

38106 Braunschweig

Postfach 3329

38023 Braunschweig

Inhalt

1	Vorwort	2
2	Personal am Institut	6
3	Lehre	9
3.1	Vorlesungen und Praktika in 2014	9
3.2	Studentische Arbeiten am Institut	15
4	Forschung	17
4.1	Institut	17
4.2	Externe Forschungsthemen	34
4.3	Dissertationen	36
5	Ereignisse 2014	37
5.1	Berichte von besonderen Ereignissen	37
5.2	Kalender	45
5.3	Berichte in den Medien	48
6	Veröffentlichungen in 2014	49

1 Vorwort

Liebe Freunde des IMAB,

dieser Jahresbericht gibt Ihnen einen Überblick über die Aktivitäten des IMAB in Forschung und Lehre, und beschreibt außerdem Teile des Institutslebens abseits des Forschungsalltags im Jahr 2014.

Auch in 2014 hat das IMAB wieder seine Forschungsaktivitäten durch zahlreiche Veröffentlichungen und Fachvorträge auf nationalen und internationalen Konferenzen darstellen können.



Hierbei wird deutlich, dass die Vielfalt an Forschungsthemen weiterhin den gesamten Energiewandlungsprozess von der Energiequelle über leistungselektronische Systeme bis hin zum Elektromotor und zur Last betreffen, sowohl in industriellen als auch fahrzeugtechnischen Anwendungen. Der Fokus der Betrachtungen liegt weiterhin in energieeffizienten und zuverlässigen Komponenten und Systemen. Diese müssen insbesondere im Automotive-Umfeld höchsten Ansprüchen an Leistungs- und Drehmomentdichte genügen.

Grundlegende Forschungsarbeiten wurden ergänzt durch interessante Forschungsprojekte mit Industriepartnern, hinter denen konkrete Anwendungen stehen. In diesem Umfeld kann das IMAB weiterhin auf eine hohe Kompetenz zur Realisierung von Antrieben und Elektronik in Hardware setzen, sodass erste theoretische Ansätze in fast allen Projekten zum Aufbau von Hardware-Prototypen und zu deren Vermessung geführt haben.

Im Herbst des Jahres 2014 konnten wir Frau Prof. Dr.-Ing. Regine Mallwitz als neue Professorin für das Fachgebiet Leistungselektronik am IMAB begrüßen. Sie wird die Forschung und Lehre auf diesem Gebiet ergänzen und ausbauen und wir freuen uns sehr auf die künftige Zusammenarbeit.

Die Infrastruktur des IMAB wird zum Ende des Jahres hin ergänzt durch Prüfumgebungen

und Arbeitsplätze am Niedersächsischen Forschungszentrum Fahrzeugtechnik (NFF). Dieses Zentrum automobiler Forschung wurde in 2013/2014 am Braunschweiger Forschungsflughafen errichtet, und das IMAB ist dort wesentlicher Partner zum Themenfeld Leistungselektronik / Elektroantrieb im Kraftfahrzeug.

Auch in 2014 sind wieder zahlreiche studentische Arbeiten am IMAB angefertigt worden, in denen Studierende Einblicke in aktuelle Forschungsthemen gewinnen konnten und teilweise hervorragende, mit Preisen ausgezeichnete Ergebnisse erzielt haben.

Wir danken allen Partnern und Freunden des IMAB für die Unterstützung in 2014 und wünschen Ihnen viel Freude bei der Durchsicht dieses Jahresberichtes.

Ihr
Markus Henke

Liebe Freunde des Instituts,

seit dem 1. Oktober 2014 besetze ich die Professur Leistungselektronik am IMAB und trete damit in die Fußstapfen von Professor Jürgen Meins.

Ich bin Jahrgang 1970 und gebürtige Norddeutsche - aus Mecklenburg. Mit meinem Mann und meinen Kindern bin ich gern auf dem Fahrrad oder am bzw. im Wasser unterwegs. Ich freue mich daher sehr, dass Braunschweig auch dafür hervorragende Möglichkeiten bereithält.



Nicht weit von hier - an der damals noch TU Otto-von-Guericke Magdeburg - habe ich mein Abitur an einer Spezialklasse für Mathematik und Naturwissenschaften abgelegt und anschließend an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Elektrotechnik mit dem Schwerpunkt Leistungselektronik studiert.

Mittlerweile blicke ich auf eine langjährige berufliche Erfahrung in der Entwicklung von Stromrichtern und deren Komponenten zurück. Zu meinen beruflichen Stationen zählten diverse Unternehmen, so Lambda Physik - heute Coherent - und LISA Laser Products in bzw. bei Göttingen, wo ich Stromversorgungen für Hochleistungs-Laser und mobile Messtechnik entwickelt habe. Bei Infineon Technologies lag meine Tätigkeit in der Entwicklung von Leistungshalbleitern bzw. Leistungshalbleitermodulen insbesondere für Anwendungen im höheren Leistungsbereich, wie Industrieantriebe, Bahnversorgungen, Windenergieanlagen und Photovoltaik-(PV-)Wechselrichter.

SMA Solar Technology, der Weltmarktführer für PV-Wechselrichter mit Sitz in Niestetal bei Kassel, bot mir die Möglichkeit, mehrere Jahre an der Entwicklung von PV-Wechselrichtern mitzuwirken. Hier habe ich mich u.a. intensiv mit dem Einsatz von neuartigen Leistungshalbleitern, wie Siliziumkarbid (SiC) und Galliumnitrid (GaN), und der notwendigen Erhöhung der Integrationsdichte in PV-Wechselrichtern beschäftigt. Mit Kassel bin ich seit meiner Promotion an der Universität Kassel Mitte der 1990er Jahre eng verbunden. Damals standen magnetische Sensoren und Verfahren für die zerstörungsfreie Prüfung von leitfähigen Materialien im Fokus meiner Arbeit.

Ich bringe also ein breites Spektrum an Kenntnissen und Erfahrungen mit an die TU Braunschweig und möchte diese gern an künftige Generationen von Studenten und wissenschaftlichen Mitarbeitern insbesondere des IMAB weitergeben. Aber auch die wissenschaftliche

Weiterentwicklung des IMAB liegt mir am Herzen.

Die Aufgaben der Zukunft für die Leistungselektronik werden nach wie vor in der klassischen Domäne der Leistungselektronik liegen - in der Antriebstechnik für industrielle Anwendungen. Hinzu kommen die Herausforderungen der zunehmenden Elektrifizierung von Fahrzeugen und der modernen Energieversorgung. Neue Bauelemente auf Basis von SiC und GaN, angepasste aktive und passive Komponenten, optimale Schaltungsauswahl und innovative, aber auch zuverlässige Aufbau- und Verbindungstechnik für die leistungselektronischen Komponenten werden in den nächsten Jahren im Fokus der Forschungsaktivitäten auch am IMAB stehen.

Ich freue mich sehr darauf, mit Ihnen gemeinsam an diesen spannenden Themen zu arbeiten. Eine offene Kultur geprägt von gegenseitiger Wertschätzung und anregenden Diskussionen ist mir dabei wichtig.

Ihre
Regine Mallwitz

2 Personal am Institut

Vorstand:	Prof. Dr.-Ing. Markus Henke (Geschäftsführender Institutsleiter) Prof. Dr.-Ing. Regine Mallwitz
Professoren im Ruhestand:	Prof. a.D. Dr.-Ing. Wolf-Rüdiger Canders Prof. a.D. Dr.-Ing. Jürgen Meins Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h.c. Herbert Weh Prof. a.D. Dr.-Ing. H. Eckhardt
Oberingenieur:	Dr.-Ing. Günter Tareilus
Akademischer Direktor i. R.:	Dr.-Ing. Helmut Mosebach
Geschäftszimmer:	Barbara Tiedge
Buchhaltung:	Ulrike Nissen
Wissenschaftliche Mitarbeiter:	M. Sc. Mang Cai M. Sc. Tim-Hendrik Dietrich Dipl.-Ing. Nils Domann M. Sc. Fabian Hain M. Sc. Christian Heister Dipl.-Ing. Jan Hoffmann Dipl.-Ing. Peter Hoffmann M. Sc. Sung-In Jeong Dipl.-Ing. Niklas Langmaack

Dipl.-Ing. Christoph Löffler
Dipl.-Ing. Hardo May
Dipl.-Ing. Anna-Lena Menn
Dipl.-Ing. Quirin Maurus
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jan-Hendrik Psola

Technische Angestellte: Herbert Rawe

Werkstattmitarbeiter: Jochen Bonney
Bernd Machus
Carlo Mensing

Auszubildene: Jenny Jacobs
Lars Moritz
Stefan Strebe

Folgende Mitarbeiter sind seit dem 01.01.2014 ausgeschieden:

Am 31.12.2013 Dr.-Ing. Cornelius Bode

Folgende Mitarbeiter sind seit dem 01.01.2014 neu hinzugekommen:

Am 01.01.2014 M. Sc. Fabian Hain

Am 15.04.2014 M. Sc. Tim-Hendrik Dietrich

Als wissenschaftliche Hilfskräfte waren seit dem 01.01.2014 tätig:

Elena Akimenko

Ubeydullah Cavus

Michael Folkers

Sinem Gülen

Alexander Manegold

Alexander Saul

Robert Urban

Tobias Wellert

Gerrit Bremer

Stefan Estelmann

Marian Göllner

Franz Honkomp

Florian Mittelstädt

Henning Schillingmann

Cengiz Uzlu

Ute Wolfarth

Robert Buchte

Christoph Faraji

Tobias Fricke

Daniel Kütke

Fabian Noering

Konstantin Siebke

Kai Vollprecht

3 Lehre

In der Lehre wurden auch in 2014 wieder interessante Vorlesungen für unsere Studierenden angeboten. Die Vorlesungen des IMAB beinhalten theoretisches Grundlagenwissen zu allen Komponenten und Systemen im elektrischen Antrieb, gepaart mit praktischen Anwendungsbeispielen aus Industrie und Forschung und sind in zahlreiche Studiengänge der TU Braunschweig eingebunden.

3.1 Vorlesungen und Praktika in 2014

	Vorlesungstitel	DozentIn	Zeitraum
Bachelor	Grundlagen der elektrischen Energietechnik	Prof. Henke / Prof. Meins	SS
	Grundlagen der Energietechnik für Umweltingenieure	Prof. Henke	WS
	Elektrische Antriebe	Prof. Henke	WS
	Grundsaltungen der Leistungselektronik	Prof. Mallwitz	WS
	Studienseminar Elektromechanische Energieumformung	Dr. Tareilus	SS/WS
Master	Elektrische Antriebe für den spurgebundenen Verkehr	Prof. Henke	SS
	Drehstromantriebe und deren Simulation	Prof. Henke	SS
	Entwurf elektrischer Maschinen	Prof. Henke	WS
	Elektrische Antriebe für Straßenfahrzeuge	Prof. Henke	WS
	Angewandte Leistungselektronik	Prof. Meins	SS
	Leistungselektronische Systeme	Prof. Mallwitz	WS
	Studienseminar Elektromechanische Energieumformung	Dr. Tareilus	SS/WS

Praktika	Vortragende	Zeitraum
Praktikum Leistungselektronik	Langmaack, Dietrich, Siebke	WS
Praktikum Elektrische Maschinen	Langmaack, Löffler, Cai, Heister	WS
Antriebssysteme für E-Fahrzeuge	Langmaack, Psola, Hain, Menn, Heister, Cai	SS

Veranstaltungen für Bachelorstudiengänge

Elektrische Antriebe

In dieser Veranstaltung werden den Studierenden grundsätzliche Zusammenhänge über die Kraftbildung in Elektromagnetischen Systemen aufgezeigt. Auf dieser Basis werden im Weiteren alle relevanten Typen von Elektroantrieben und deren Funktionsweise erläutert. Dazu gehören Gleichstrom-, Asynchron- und Synchronmaschine und exotische Bauformen wie die Transversalflussmaschine. Dabei wird auch zwischen rotorischen und translatorischen Motoren unterschieden und die entsprechende Mechanische Umsetzung aufgezeigt. Die Veranstaltung befasst sich darüber hinaus mit der Wirkungsgradoptimierung solcher Maschinen. Dazu gehört das Arbeiten und Verstehen von Wirkungsgradkennfeldern und damit verbundene Rückschlüsse über die Einsatzmöglichkeiten der Antriebe und deren Optimierungspotenzial. Auf der anderen Seite werden verschiedenste Ansätze für die Entwicklung von E-Antrieben erläutert, von der groben Variation geometrischer Aspekte bis hin zur Nutzung von Finite-Elemente-Software zur detaillierten Simulation. Natürlich spielen auch die verschiedenen Betriebsarten der E-Maschinen eine wichtige Rolle, ob einfach am Drehstromnetz oder mit einem Frequenzumrichter betrieben. Für beide Alternativen wird das notwendige Wissen über Art und Weise der einzuprägenden Klemmgrößen vermittelt um E-Antriebe Effizient zu betreiben.

Grundlagen der Elektrischen Energietechnik

Die Grundlagenvorlesung für Bachelor im vierten Semester bietet den Studierenden im Sommersemester eine Übersicht der Energietechnik und behandelt neben den Bereichen der Energieübertragung und der elektrischen Antriebe auch den Bereich der Leistungselektronik. Dieser Abschnitt wurde im Sommersemester 2014 von Prof. Meins gelesen und führt die Studierenden an die Bauelemente, die Anwendungsgebiete und die grundlegenden Schal-

tungskonzepte der Leistungselektronik heran. Da diese Vorlesung noch vor der Vertiefung der Studierenden in die einzelnen Richtungen gehalten wird, stellt sie eine gute Möglichkeit dar, interessierte Studierende für den Besuch vertiefender Fächer zu werben.

Grundlagen der Energietechnik für Umweltingenieure

Studierenden der Umwelttechnik werden die Grundlagen der elektromechanischen Energieumformung vermittelt. Der Aufbau und die physikalische Funktionsweise von marktüblichen elektrischen Antrieben wird behandelt, und es werden grundlegende mathematische Beschreibungsmöglichkeiten der Antriebssysteme erarbeitet. Dieses ermöglicht den Studierenden Antriebssysteme der Umwelttechnik in der Praxis einschätzen und anwenden können.

Grundsaltungen der Leistungselektronik

Die Veranstaltung „Grundsaltungen der Leistungselektronik“ (ehemals Elektrische Energieumwandlung) findet regelmäßig im Wintersemester statt. Sie richtet sich an Studierende der Elektrotechnik im Bachelorstudium und schließt inhaltlich an die Vorlesung „Grundlagen der Energietechnik – Teil 3“ an. Behandelt werden Grundsaltungen wie Gleichstromsteller und Topologien von DC/DC-Wandlern. Des Weiteren werden die Eigenschaften und das Verhalten von aktiven und passiven leistungselektronischen Komponenten eingehend betrachtet. Notwendige Peripherie wie Messstellen und Treiberschaltungen werden ebenfalls thematisiert.

Veranstaltungen für Masterstudiengänge

Angewandte Leistungselektronik

Die Mastervorlesung „Angewandte Leistungselektronik“ findet immer im Sommersemester statt und schließt an die Bachelorvorlesung „Grundsaltungen der Leistungselektronik“ an. Die Inhalte umfassen spezielle Themen mit hohem Anwendungsbezug wie Netz- und Motorfilter, Power Factor Correction, Multi-Level-Umrichter und resonante Schaltungstopologien. Die Mastervorlesung „Angewandte Leistungselektronik“ findet immer im Sommersemester statt und schließt an die Bachelorvorlesung „Grundsaltungen der Leistungselektronik“ an. Die Inhalte umfassen spezielle Themen mit hohem Anwendungsbezug wie Netz- und

Motorfilter, Power Factor Correction, Multi-Level-Umrichter und resonante Schaltungstopologien.

Drehstromantriebe und deren Simulation

Die Mastervorlesung „Drehstromantriebe und deren Simulation“ findet immer im Sommersemester statt und vermittelt Kenntnisse zur Modellbildung und Simulation der Komponenten in elektrischen Antriebssystemen. Dies beinhaltet neben elektrischen Maschinen die Betrachtung unterschiedlicher Lasten und Lastverhalten auf mechanischer Seite sowie die Leistungselektronik und deren Ansteuerung auf elektrischer Seite. Dabei werden die Verfahren der Raumzeiger- und der Pulsweitenmodulation behandelt. Die Betrachtung zusätzlicher Verlustmechanismen rundet die Vorlesung ab. Hier wird auf die Entstehung von Lagerströmen, auf Oberschwingungsverluste bei Asynchronmaschinen infolge nichtsinusförmiger Speisung sowie auf die zusätzliche Isolationsbeanspruchung infolge von Wanderwellenreflexionen detailliert eingegangen.

Elektrische Antriebe für den spurgebundenen Verkehr

In dieser Veranstaltung werden den Studierenden ausführliche Inhalte rund um das Thema elektrische Antriebstechnik im Schienenverkehr vermittelt, wobei das Hauptaugenmerk auf Antriebskonzepten im Bereich Personenverkehr liegt. Die Inhalte dieser Veranstaltung umfassen verschiedene Aspekte, dazu gehören die Anforderungen, die an moderne Züge gestellt werden. Darauf aufbauen lässt sich die Dimensionierung eines elektrischen Antriebs für einen Zug am Beispiel des Velaro D. Aber es werden auch, neben den Hochgeschwindigkeitsantrieben, gegenwärtige und innovative Antriebskonzepte für Stadt- und Fernverkehr beleuchtet. Dazu gehören u.a. die Linear- und Schwebetechnik. Diese Vorlesung zielt verstärkt auf eine Vertiefung der Kenntnisse im Bereich der Komponenten ab und vermittelt detaillierte Kenntnisse in den Bereichen Antriebsmaschinen und Leistungselektronik.

Elektrische Antriebe für Straßenfahrzeuge

In dieser Veranstaltung werden den Studierenden ausführliche Inhalte rund um das Thema elektrische Antriebstechnik im Straßenverkehr vermittelt, wobei das Hauptaugenmerk auf vierrädrigen Antriebskonzepten im Bereich PKW liegt. Die Inhalte dieser Veranstaltung umfassen verschiedene Aspekte, dazu gehören die Anforderungen, die an die Elektro-

und Hybridfahrzeuge der Gegenwart und Zukunft gestellt werden. Darauf aufbauen lässt sich die Dimensionierung einer elektrischen Antriebseinheit für einen Antriebsstrang. Aber nicht nur die reinen E-Fahrzeugarchitekturen werden beleuchtet, sondern auch die Hybridantriebe. Somit ist es nötig grundlegende Kenntnisse der Verbrennungskraftmaschine zu vermitteln. Ebenso wird detailliert auf die unterschiedlichen hybriden Antriebstopologien und die notwendige Betriebsstrategie eingegangen. Der zweite Teil der Veranstaltung zielt auf die Vertiefung der Kenntnisse im Bereich der Komponenten ab und vermittelt detaillierte Kenntnisse im Bereich Energiespeicher und elektrischer Maschinen.

Entwurf elektrischer Maschinen

In dieser Vorlesung lernen die Studierenden den Entwurfsprozess elektrischer Maschinen kennen. Wichtige Spezifikationsgrößen als auch der konkrete Maschinenentwurf stehen im Vordergrund. Hierbei findet ausgehend vom systematischen Wicklungsentwurf die Wicklungsauslegung statt und es schließt sich eine elektromagnetische Gesamtauslegung unter Nutzung von numerischer Feldberechnung an. Ebenso werden das dynamische Verhalten sowie thermische Einflüsse detailliert betrachtet.

Leistungselektronische Systeme

In der Mastervorlesung „Leistungselektronische Systeme“ (regulär im Wintersemester) werden den Studierenden leistungselektronische Systeme als der Verbund aus den zuvor in den Grundlagen erlernten Einzelbaugruppen und Schaltungstopologien nähergebracht. Neben der Vermittlung von theoretischen Konzepten liegt der Fokus auch auf Systemen der Leistungselektronik mit einem realen Anwendungszweck, beispielsweise für PV-Anlagen, Windenergieanlagen oder auch Fahrzeugantriebe.

Praktika

Praktikum Leistungselektronik

Im Praktikum Leistungselektronik werden verschiedene Themen der Leistungselektronik, insbesondere für die Antriebstechnik, unter praktischen Gesichtspunkten behandelt. Zu den Themen gehören die Simulation und Auslegung leistungselektronischer Schaltungen wie Gleichstromsteller und Wechselrichter, die Behandlung typischer Peripherie wie Messstellen für Ströme und Spannungen oder Treiberschaltungen für Leistungshalbleiter, Grundlagen der Regelungstechnik für elektrische Antriebe sowie die Programmierung eines Demonstrationswechselrichters für einen Kleinantrieb.

Praktikum Elektrische Maschinen

Im Praktikum Elektrische Maschinen werden die wichtigsten elektrischen Maschinen unter praktischen Gesichtspunkten behandelt. Zunächst werden Funktionsweise, Schaltungsarten und Anwendung der Gleichstrommaschine untersucht. Anschließend werden die Asynchronmaschine und die Synchronmaschine als klassische Vertreter der Drehfeldmaschinen betrachtet. Das prinzipielle Betriebsverhalten wird zunächst für Netzspeisung analysiert, um dann am Beispiel der wechselrichtergespeisten Asynchronmaschine die Möglichkeiten der Drehzahlregelung mittels moderner Leistungselektronik kennenzulernen. Abschließend wird der praxisnahe Einsatz von modernen Drehfeldmaschinen auch am Beispiel von Linearantrieben für Werkzeugmaschinen behandelt.

Antriebssysteme für E-Fahrzeuge

In dieser Veranstaltung werden den Studierenden ausführliche praktische Inhalte rund um das Thema elektrische Antriebstechnik im Straßenverkehr vermittelt. Den Studenten wird ein vertiefter Einblick in das Gesamtsystem „Elektrofahrzeug“ gewährt und soll ein Kennenlernen aller wichtigen Komponenten des Antriebsstrangs ermöglichen. Um dies zu ermöglichen, wird von den Studierenden mit Hilfe der Simulationssoftware SIMULINK ein Gesamtfahrzeugmodell, welches ein Elektrofahrzeuge abbildet, erstellt und parametrisiert. In Kolloquien werden alle wichtigen Informationen über die Einzelkomponenten des Fahrzeugs besprochen und diskutiert. Begleitet wird das Praktikum von einem E-Maschinen-Prüfstandsversuch, in dem eine Maschine vermessen wird und die Ergebnisse fließen in die Simulation mit ein.

3.2 Studentische Arbeiten am Institut

Seminarvorträge

Marc-Daniel Bednarek	Galvanisch getrennte Spannungsmessung (<i>Dietrich</i>)
Jiang Hao	Verteilung des Energiebedarfs auf die verschiedenen Verkehrsträger in China (<i>Psola</i>)
Mian Li	Energetische Verwertungsmöglichkeiten von Rest-/Abfallstoffen (<i>Psola</i>)

Bachelorarbeiten

Michael Folkers	Modellierung und Potentialbewertung elektrischer Antriebssysteme für Sportwagen (<i>Menn</i>)
Florian Mittelstädt	Vergleich unterschiedlicher Topologien zur aktiven Leistungsfaktorkorrektur (<i>Langmaack</i>)
Robert Müller	Auslegung einer elektrisch erregten Synchronmaschine für ein Elektrofahrzeug (<i>Hain</i>)
Fabian Noering	Aufbau und Inbetriebnahme einer Schaltung zur Ansteuerung und Überwachung einer Ladesteckdose für E-Fahrzeuge (<i>Tareilus</i>)
Alexander Saul	Entwurf eines Steuergerätes zur zuverlässigen Auswertung der Pedalstellungen in einem Elektrofahrzeug (<i>Langmaack</i>)

Studienarbeiten

Sebastian Peiß	Konstruktion des Gehäuses einer elektrischen Maschine für Automotive-Anwendungen (<i>Domann</i>)
----------------	--

Diplomarbeiten

Ute Wolfarth Auslegung und Konstruktion eines Prüfstands zur Verifizierung der magnetischen Eigenschaften von Statorelementen aus unterschiedlichen Soft Magnetic Composites für einen Langstator-Linearmotor (*Maurus*)

Masterarbeiten

Julian Berlinecke Auslegung und Optimierung schnelllaufender Asynchronmaschinen für Elektrofahrzeuge (*Menn*)

Tim-Hendrik Dietrich Entwurf der sekundären Leistungselektronik eines berührungslosen Ladegerätes (*Langmaack*)

Marcel Hinze Ermittlung der charakteristischen Kenndaten einer Lithium-Starterbatterie und Prognostizierung der voraussichtlichen Lebensdauer (*Tareilus*)

Steven Möller Erstellung eines Steuergerätes zur Ansteuerung von Anzeigen für die Fahrerinformation (*Löffler*)

Stefanie Möllering Entwicklung einer universellen Mess- und Regelstrategie bei lenkungsversuchen auf elektrodynamischen Schwingprüfsystemen (*Löffler*)

Christian Sell Untersuchung eines neuartigen Zell-Balancing-Systems für Elektrofahrzeuge (*Langmaack*)

Markus Steinbach Entwurf eines dreiphasigen Multilevel-Wechselrichters zur Einbindung regenerativer Erzeuger in das Niederspannungsnetz (*Langmaack*)

Erasmus Abschlussprojekt

David Jaunsaras Munarriz Analysis and design of resonant dc/dc converters for automotive applications (*Langmaack*)

4 Forschung

Die Forschungsthemen am IMAB zeichnet sich oft durch einen engen Anwendungsbezug aus. Neue Forschungsansätze im Bereich der Leistungselektronik und der elektrischen Antriebssysteme ergeben sich insbesondere durch Möglichkeiten zum Einsatz neuartiger Leistungshalbleiter und Werkstoffe sowie insbesondere durch die Nachfrage nach immer leistungsdichteren und effizienten Antriebskonzepten. Wesentlicher Treiber ist hier seit Jahren die Automobilindustrie mit der Elektrifizierung des automobilen Antriebsstranges.

4.1 Institut

EMIL I: Optimierung der induktiven Energieübertragung für Busse im Öffentlichen Nahverkehr (ÖVPN)

Dipl.-Ing. Hardo May, M. Sc. Mang Cai

Hauptziel des Forschungsprojektes galt möglichen Optimierungen der von Bombardier unter dem Namen PRIMOVE vorgenommenen Installationen zur berührungsfreien Energieübertragung für Busse in Braunschweig. Die PRIMOVE-Auslegung richtete sich sowohl nach den betrieblichen Leistungsanforderungen als auch nach einer die Batteriebensdauer erhöhenden schonenden Ladung. Das Gesamtsystem für eine Ladeleistung zu ca. 200 kW umfasst einen Wechselrichter zur Speisung der in den Straßenbelag eingelassenen Primärspulenanordnung, eines unter dem Fahrzeugboden platzierten „pick-up“ Spulensystems und einem Gleichrichter zur Batterieladung.

Die Untersuchungen zur Auslegung der Primärspulengeometrie galten zwei Hauptzielen:

- a) Die Energieübertragung auch ohne große Anforderungen an die Positionsgenauigkeit des Busses zu ermöglichen und

- b) Die Magnetfeldausbreitung außerhalb des Busses unter einen gewissen Grenzwert zu halten.



EMIL auf der Ladestation am Hauptbahnhof

Für diese Arbeitspaket wurden analytische und numerische (FEM) Feldprogramme herangezogen bzw. entwickelt, welche die Feldverteilung im aktiven Bereich der Energieübertragung und im Außenbereich für verschiedene Primärspulentopologien ermöglichten. Da die Polteilung und die aktive Breite der Spulen vorgegeben waren, galt die Optimierungen hauptsächlich der Gestaltung der Wickelköpfe und der Wicklungsführung im Anschlussbereich zum Wechselrichter und an der Verbindungsstelle der drei elektrischen Stränge (Sternpunkt). In diesen beiden Bereichen können sich - aufgrund der endlichen Ausdehnung des Spulensystems - die Strangströme für das vordere und hintere Außenfeld nicht kompensieren. Neben diesen Berechnungen zur optimalen Leiterführung wurde auch der Einfluss von elektrodynamischen Dämpfern auf die Feldausbreitung im Außenbereich untersucht.

Ähnliche Auslegungsoptimierungen wurden auch für die Fahrzeugseitige „pick-up“ Spule vorgenommen. Ein besonderes Augenmerk galt der Unterdrückung von Feldern, welche sich außerhalb des ferritischen Rückschlussjochs ausbreiten können. Diese vermögen parasitär den Fahrzeugunterboden erwärmen oder sogar in den Fahrgastraum zu streuen. Es gelang durch den Einsatz von besonderen elektrodynamischen Dämpfern aus gelochtem Aluminium mit sehr geringen Zusatzverlusten und -gewichten diese beiden Aufgaben zu erfüllen.

EMIL II: Induktive Ladetechnik für PKW

M. Sc. Tim-Hendrik Dietrich, Dipl.-Ing. Christoph Löffler, M. Sc. Mang Cai, Dipl.-Ing. Hardo May

Nachdem in Braunschweig das „EMIL“-Projekt für Elektrobusse mit induktiver Ladetechnik erfolgreich angelaufen ist, soll in einem weiteren Baustein des „Schaufensters Elektromobilität“ der Einsatz von PKW auf der gleichen Ladeinfrastruktur untersucht werden. Hierzu werden drei Elektrofahrzeuge (VW E-Golf) mit Induktivaufnehmersystemen ausgerüstet, die eine Schnellladung des Fahrzeuges an den vorhandenen Ladehaltstellen erlauben. Die Fahrzeuge tragen im Projekt den Namen „Emilia“ (Akronym: Elektromobilität mittels induktiver Ladetechnik im Automobil).

Ziel der Untersuchungen ist die Demonstration der gemeinsamen Nutzung einer existierenden Ladeinfrastruktur sowohl durch den ÖPNV als auch durch PKW. Insbesondere Taxis können von dieser Technik profitieren.

Neben Fragen des betrieblichen Ablaufes im Alltag sind für die Umrüstung der Fahrzeuge vor allem technische Lösungen zu finden. So wird aktuell ein induktiver Aufnehmer entwickelt, der sowohl an die mechanische Unterbodenstruktur, als auch an die elektrische Ladetechnik des E-Golfes angepasst ist. Durch geeignete Auslegung wird es daher möglich sein, unterschiedliche Leistungsklassen (Schnellladung für E-Golf: 10...20 kW, EMIL-Bus: 200 kW) mit ein und derselben Primärstrecke zu bedienen.

Das induktive Laden von Fahrzeugen basiert auf der berührungslosen Energieübertragung zwischen zwei Spulensystemen. Ein aus dem Netz gespeister Wechselrichter erzeugt mittels eines in der Fahrbahn eingelassenen Spulensystems (Primärspule) bei Bedarf ein magnetisches Wechselfeld. Wird ein induktivladefähiges Fahrzeug auf der Ladefläche abgestellt, kann der Ladevorgang mittels drahtloser Kommunikation aktiviert werden. Das bereits erwähnte Wechselfeld wird aktiviert und überträgt Energie in das Aufnehmersystem am Fahrzeugunterboden. Mittels geeigneter Anpassungsschaltungen wird im Fahrzeug eine normale Schnellladestation emuliert. Die Batterie des PKW kann auf diese Weise in kurzer Zeit aufgeladen werden.

Das IMAB kümmert sich um die Entwicklung und Erprobung der fahrzeugseitigen Ladetechnik, die Integration in das Ladesystem des Fahrzeuges und die Ausrüstung der drei Fahrzeuge mit den daraus entwickelten Komponenten. Das Tätigkeitsspektrum umfasst dabei u.a. den



Emilia auf induktiver Ladestrecke

Entwurf des Aufnehmerspulensystems, die Simulation der magnetischen Baugruppen, die Entwicklung leistungselektronischer Geräte zur Einspeisung der induktiv aufgenommenen Energie in die HV-Batterie des Golfes und die mechanische Konstruktion der Komponenten zum Einbau in das Fahrzeug. Neben der eigentlichen Funktion sind auch Details des Fahrzeugbaus wie Rüttelfestigkeit, Bodenfreiheit, Einwirkung von Wasser, Streusalz und Temperaturschwankungen zu beachten. Das Institut profitiert hierbei von seiner breiten Aufstellung sowohl im elektrischen als auch im konstruktiven Bereich.

Um die Entwicklungsarbeiten zu erleichtern, verfügt das IMAB über einen eigenen Laboraufbau mit vollwertiger Induktivladestrecke, sodass die Versuchs- und Entwicklungsaufgaben direkt im Institut und ohne Beeinträchtigung des EMIL-Linienbusverkehrs erfolgen können.

Der E-Golf wird schon ab Werk mit einer sehr geringen Bodenfreiheit geliefert. In diesem Bauraum direkt unterhalb des Fahrzeugbodens muss das Aufnehmerspulensystem der sogenannten Pickup integriert werden. Um die Bodenfreiheit nicht noch weiter einzuschränken, wurde bei der konstruktiven Entwicklung des Spulensystems samt Gehäuse kontinuierlich an der Reduzierung der Aufbauhöhe gearbeitet. Dazu trägt hauptsächlich die Anordnung der einzelnen Spulen und die Verlegung der Anschlussleitung bei, sowie die Systemleistungsorientierte Ausnutzung und Größenoptimierung der verwendeten Materialien und Komponenten. Zuletzt sorgt auch die Verwendung hochwertiger und damit effizienter Werkstoffe dafür Gewicht und Volumen einzusparen. Trotz der Optimierungsarbeiten besitzt das Pickup ein

erhebliches Gewicht welches in Verbindung mit dem hohen Aspektverhältnis von Dicke zu Breiten- und Längenausdehnung eine Herausforderung für die zu gewährleistende Steifigkeit der Gehäusekonstruktion darstellt. Auch hier wurde mit intelligentem Werkstoffeinsatz ein Kompromiss aus zusätzlichem Gewicht und erreichbarer Tragfähigkeit erzielt.

Am 10.09.2014 erfolgte die öffentliche Vorstellung des Projektes im Rahmen eines Pressetermins am Haus der der Wissenschaften. In Anwesenheit von TU-Präsident Prof. Hesselbach sowie mit Vertretern aller Projektpartner wurden die drei Elektrofahrzeuge, die im Stadtverkehr an ihrer markanten Beklebung zu erkennen sind, auf dem Vorplatz präsentiert. Anschließend stellten die einzelnen Institute ihre Tätigkeitsfelder in Form von kurzen Vorträgen dar.

Auf dem Weg zu drei induktiv aufladbaren Fahrzeugen im Alltagsbetrieb sind wichtige Grundsteine gelegt und die Entwicklung der Technik schreitet voran. Zusammen mit den Partnern im Projekt werden neben den technischen Aspekten auch Fragen wie Nutzungskonzepte der Infrastruktur, Auswirkungen auf den Verkehr, Zulassung von Forschungsfahrzeugen für den Straßenverkehr und diverse weitere Details untersucht und geklärt.

Modularisierter Maschinenentwurf mit einem Dual-Rotor-Ansatz

M. Sc. Christian Heister

Aufgrund ihrer vielfältigen Einsatzmöglichkeiten und ihres hohen Wirkungsgrades haben elektrische Antriebe eine Schlüsselrolle bei der Energiewende inne. Sie werden in vielfältigen Größen- und Leistungsklassen benötigt. Um Leistungs-, Drehmomenten- und Feldschwächenanforderungen zu erfüllen ist ein hoher Entwicklungsaufwand erforderlich. Um diesen Entwicklungsaufwand zu begrenzen ist ein möglichst modularer Aufbau elektrischer Maschinen wünschenswert.

Permanentmagneterregte Maschinen mit eingebetteten Magneten zeichnen sich durch eine inverse Schenkligkeit ($L_q > L_d$) aus, wodurch sich ein großer Feldschwächebereich realisieren lässt. Nachteilig an solchen Maschinen ist der relativ große Entwicklungsaufwand, der geleistet werden muss, um die gewünschte magnetische Schenkligkeit und elektromotorische Kraft (EMK) zu erzielen. Eine zeitsparende unabhängige Optimierung dieser beiden Größen ist nicht möglich.

Am IMAB wurde ein Dual-Rotor-Ansatz entwickelt. Hierbei werden eine Synchronmaschine

mit Oberflächenmagneten und eine Reluktanzmaschine über eine gemeinsame Welle gekoppelt. Beide Rotorteile teilen sich einen gemeinsamen Stator. Nachdem beide Teilrotoren für sich und voneinander unabhängig elektrisch und mechanisch optimiert wurden, können die gewünschten elektrischen Eigenschaften der Maschine mithilfe eines einfachen Baukastensystems über die Länge der aktiven Teile und deren Verhältnis nachgebaut werden. Hierzu sind lediglich eindimensionale Rechnungen erforderlich. Für die notwendigen Berechnungen verfügt das IMAB über entsprechende Auslegungstools.

Zur Simulation des Verhaltens am Umrichter wurde ein dynamisches Simulations-Modell entwickelt, welches das Verhalten der Maschine, einschließlich Sättigung in Längs- und Querachse, berücksichtigt. Die hierzu notwendigen Maschinenparameter wurden mithilfe des numerischen Feldberechnungsprogramms Opera ermittelt.

Herausforderungen bei Design und Realisierung von elektrischen Hochdrehzahl-Traktionsantrieben

Dipl.-Ing. Jan Hoffmann

Hochdrehzahl Antriebe erlauben die Realisierung von elektrischen Maschinen mit höchster Leistungsdichte. Sie stellen aber besondere Herausforderungen sowohl an die elektromagnetische als auch an die mechanische Auslegung. Für Hochdrehzahl Anwendungen kommen i.w. Asynchronmaschinen (ASM), Permanentmagnet erregte Maschinen mit Rotorbandage (PMSM) und Reluktanzmaschinen (RM) in Frage. Dabei wurden mit PMSM bisher die höchsten Leistungsdichten erreicht.

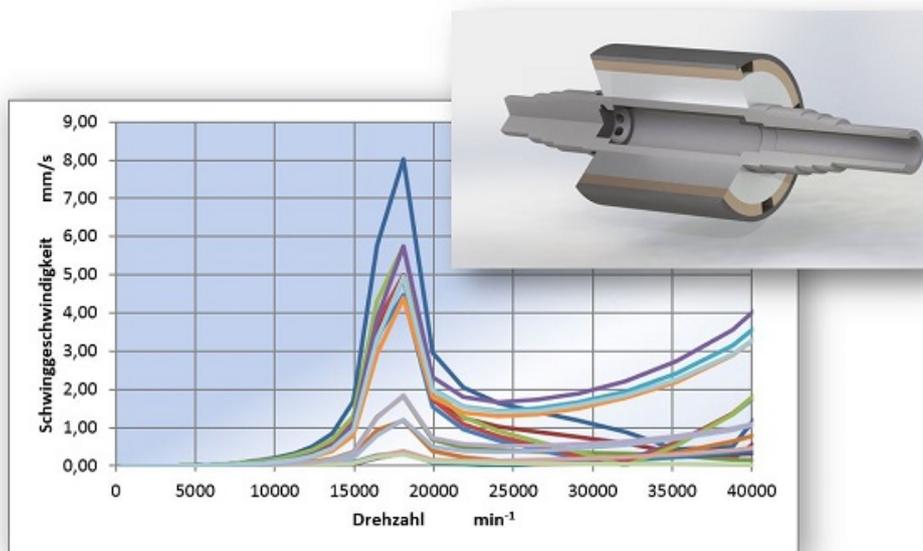
Ausgehend von der Auslegung des magnetischen Kreises, bei dem insbesondere die Zusatzverluste aufgrund der hohen Speisefrequenzen dominant sind, müssen auch zahlreiche mechanische Aspekte im Entwurfsprozess integriert mit behandelt werden, die entscheidend für den sicheren Betrieb der Maschine sind.

Wichtige Aspekte werden am IMAB betrachtet:

- Die Rotorfestigkeit und ihre Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Entwurf.
- Die Rotordynamik und die hieraus folgenden Anforderungen an den Rotoraufbau und die Lagerung.
- Die Zusatzverluste in den Magneten, die insbesondere bei Wechselrichterspeisung der

Maschine kritisch werden können.

Für die Prüfung solcher Maschinen sind speziell auf die hohen Drehzahlen abgestimmte Prüfstände erforderlich, um die Leistungsfähigkeit des Antriebs im gesamten Drehzahlpektrum analysieren zu können.



SiC boost converter with high power density for a battery electric sports car

Dipl.-Ing. Niklas Langmaack

The presented boost converter enables the bidirectional energy flow between the battery and the inverter's dc-link of a full electric sports car. Using this converter, the dc-link voltage can be controlled precisely and the driving dynamics become independent from the battery's state of charge. The permanently higher dc-link voltage allows the inverter and the electrical machine to operate with lower currents.

Although the requirements for the boost converter are well-known by the application, a modular concept adaptable to different power requirements is highly preferred. The designed and built boost converter is divided into three power boards and a separate control unit. Each power board forms one phase leg of the converter. It is based on a half bridge SiC-MOSFET power module by Cree, paired with galvanic insulated driver circuits, a dc-link

capacitor and a LC-filter.

Because the dc-link voltage should suit the one of the frequency inverter based on 1200 V IGBT technology, the power semiconductors of the boost converter also have to be of the 1200 V class. To create a small and light-weight component, it is important to reach a very high switching frequency. This generally enables the deployment of smaller passive components.

With standard silicon-based 1200 V IGBT technology, switching frequencies of 20 kHz are realistic in hard switching applications. Efficiently usable conventional silicon Power MOSFETs with low switching losses are available with breakdown voltages up to 900 V only. The few available 1200 V MOSFETs still have very high static losses.

The new silicon carbide Power MOSFETs with 1200 V breakdown voltage fill the existing gap. Their low switching losses allow much higher switching frequencies compared to IGBTs. For this specific design 100 kHz turned out as an optimum. This is five times higher than the switching frequency of a former silicon-based design. The size of the needed passive components can be reduced dramatically.

Former investigations at the IMAB have highlighted the potential of direct liquid cooling. Compared to conventional liquid cooling systems the thermal resistance can be reduced significantly. This enables efficient cooling for high power density designs.



Figure 1: SiC power module on direct liquid cooling device

In the actual design the SiC power module is mounted on a “ShowerPower”-like direct liquid cooling plate. This ensures minimal thermal resistances between the module’s baseplate and the cooling medium. Figure 1 shows the aluminum carrier with the tub for the plastic inset

and the groove for the seal. Both inlet and outlet are placed at the same short edge. This makes the external piping very compact and simple as can be seen later in figure 2.

The capacitors for both the dc-link and the battery filter have to cope with high ripple current. MKP film capacitors are chosen, because they have low inductance and resistance, are light-weight and long-term temperature and voltage stable.

As the current through the filter choke has a high dc offset, it can benefit from the use of powder core components instead of ferrite core materials. The used Sendust powder core may work at very high flux densities of up to 1 T. The magnetic permeability is low ($\mu_r = 26..125$) and less constant compared to ferrite materials ($\mu_r = 2000..15000$), the core losses are about ten times higher. This allows to design compact storage chokes without air-gap for applications with high dc current, when the non-linearity resulting from the variable permeability and the magnetizing losses are unimportant.

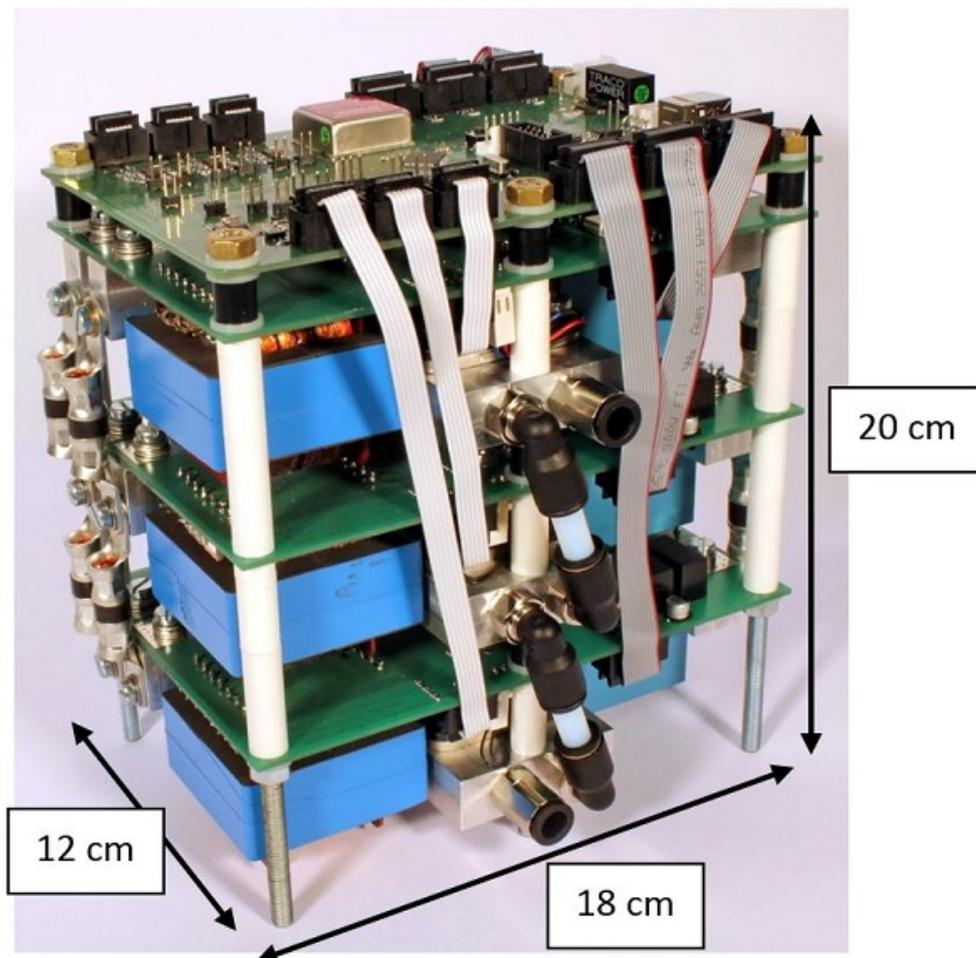


Figure 2: Assembled boost converter stack

The control unit generates the switching signals for all six power semiconductors. It measures dc-link voltage, battery voltage and battery current of all three power boards. Additionally it evaluates a total of six Pt1000 temperature sensors. A CAN interface is available for communication with the vehicle systems, USB can be used for debug purposes.

The three half-bridges operate with a phase shift of 120 degrees. This minimizes the resulting ripple in currents and voltages on both sides of the converter. Figure 6 shows the complete stack of three power units with the control unit on top. Without housing, the volume is less than five liters, the weight less than four kg.

After the verification of the switching losses and the functional proof of the single power units, the complete stack of three power modules and the control unit is assembled. It is tested at different load conditions in the nominal working point, which is 460 V battery voltage to 600 V dc-link voltage.

The measured efficiency versus load condition is shown in figure 3. All measurements were taken with a Yokogawa WT3000 precision power analyzer. The additional power consumption of the control electronic is less than 10 W and has been neglected.

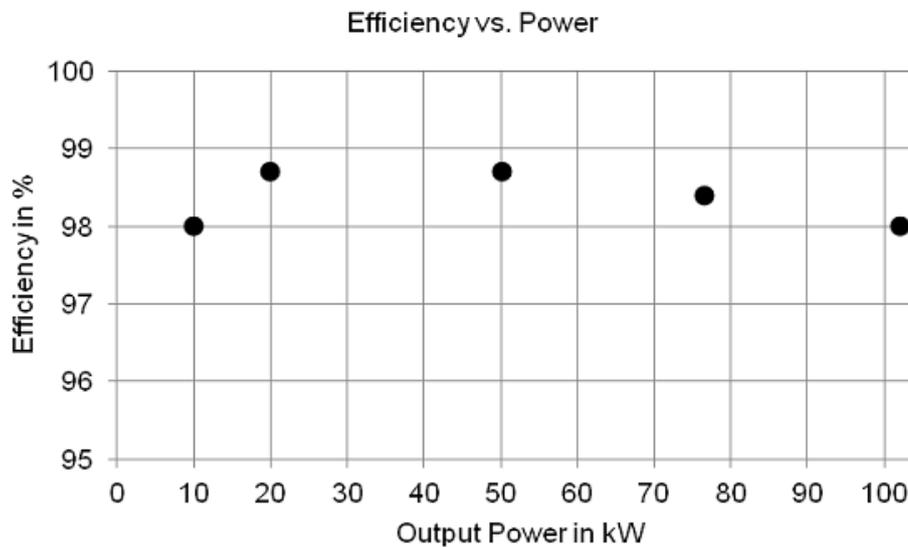


Figure 3: Results of efficiency measurements

The automotive power boost converter is an application well-suited to demonstrate the benefits of silicon carbide power semiconductors. The component profits from the high switching frequency, resulting in a device with very high power density and low power weight. The

main challenges that have to be overcome are:

- Find an optimal design regarding switching frequency and switching losses, inductance and current ripple, efficiency, space and weight.
- Find the best suiting passive components.
- Design a driver circuit capable to deal with very high voltage gradients.
- Design a cooling system to cope with high power density.

Compared to a former IGBT-based design, weight and volume of the boost converter could be decreased by about 80 %. This is crucial for the decision to integrate the component into the demonstration car.

High temperature and high CMR gate driver circuit for wide-band-gap power semiconductors

Dipl.-Ing. Niklas Langmaack

Wide-band-gap semiconductors continuously keep on pushing the limits of power electronic devices to higher switching speeds and higher operating temperatures. That makes them ideal for applications, where both lightweight and thermally robust systems are needed, e.g. hybrid vehicles or the all-electric aircraft.

The proposed gate driver circuit is designed consequently to meet the demand of very fast switching power semiconductor devices for high common mode rejection. The second demand that is pursued is the capability to work at high ambient temperatures like 180 °C while still using standard components.

There are many well-known topologies using pulse-transformers for gate driving that may comply with these needs, but they have typical disadvantages like slow switching speed, non-constant power supply or the lack of a negative gate voltage for the turn-off state. In modern gate driver topologies these disadvantages are typically addressed by a separation of gate driver power supply and the switching information path.

High common mode rejection is always reached with highly symmetric structures. That is what led to the following circuit for both isolated power supply and isolated information transfer: Two identical transformers are used in push-pull converters for a galvanically iso-

lated power supply. The switching information is modulated by phase shift keying (PSK), i.e. a phase shift of 0° between the two transformers' voltages means "turn off" and a phase shift of 180° means "turn on". The PSK modulation has the advantage that there is no signal delay time or bandwidth limit caused by the carrier signal. This makes the optimal switching frequency for the dc/dc converter more or less independent from the switching signal. The switching information is modulated continuously making any flip-flop unnecessary. It is also no problem to transfer steady switching states.

The chosen modulation and demodulation can be realized easily with the logic XOR function. The transistors driving the first transformer's primary winding are supplied with the carrier signal. The transistors for the second transformer are driven with the XOR conjunction of the carrier and the switching signal. The demodulation is implemented with another XOR gate. It detects a continuous „0“ if both transformers' secondary voltages are in phase and a „1“ for a phase shift of 180° .

Working at high ambient temperatures reduces the range of permitted devices dramatically. That is why the supposed circuit is designed out of a very small variety of bipolar transistors, diodes and passive components. All of the components may work at 200°C junction temperature off the shelf. The simplest TTL implementation of a XOR gate needs only two npn-transistors and makes the simplicity of the modulation and demodulation circuit even more beneficial for the total component count.

The circuit has been simulated using LTSpice und is built as a first prototype. The main advantages of the proposed circuit can be stated as:

- There is a continuous power supply for the secondary side of the driver circuit.
- The switching information is isolated without the need of a separate coupler.
- The delay time for the switching signal can be very short; it is not limited by the carrier frequency.
- A negative gate voltage can be generated easily with a voltage divider and a zener diode.
- The core functionality of the driver circuit can be realized using only standard components capable of working at high ambient temperatures like 180°C .

Entwurf, Aufbau und Prüfung von tubularen Linearmotoren

Dipl.-Ing. Quirin Maurus

Am IMAB sind in den letzten Jahren insgesamt 9 tubulare Linearmaschinen gebaut und in Betrieb genommen worden. Hierfür wurden kleine Aufbauten realisiert, um charakteristische Größen der Maschinen sowie Größen für den Stromregler im Wechselrichter zu ermitteln. Die Funktionalität dieser Aufbauten ließ jedoch kein vollständiges Vermessen der Maschinen zu. Daher war es bisher notwendig diese Messungen an einem anderen Institut der TU Braunschweig durchzuführen.

Um jederzeit Linearmaschinen in Betrieb nehmen, überprüfen und Weiterentwicklungen erforschen zu können, ist am IMAB eine eigene Prüfumgebung für derartige Maschinen notwendig.

Für die Überprüfung der Maschinenauslegung ist in erster Linie die Kraft an jeder Position des möglichen Fahrweges der Maschine zu ermitteln. Im zweiten Schritt sind die dynamischen Eigenschaften der Maschine zu kontrollieren und für den Dauerbetrieb die Auslegung der Kühlung der Maschine zu testen. Letzteres erfordert das Feststellen der Lagerreibung.

Für die Überprüfung der Maschine in der Anwendung ist eine nahe Abbildung der Anwendung notwendig, damit verschiedene Regelungskonzepte getestet, erprobt und optimiert werden können.

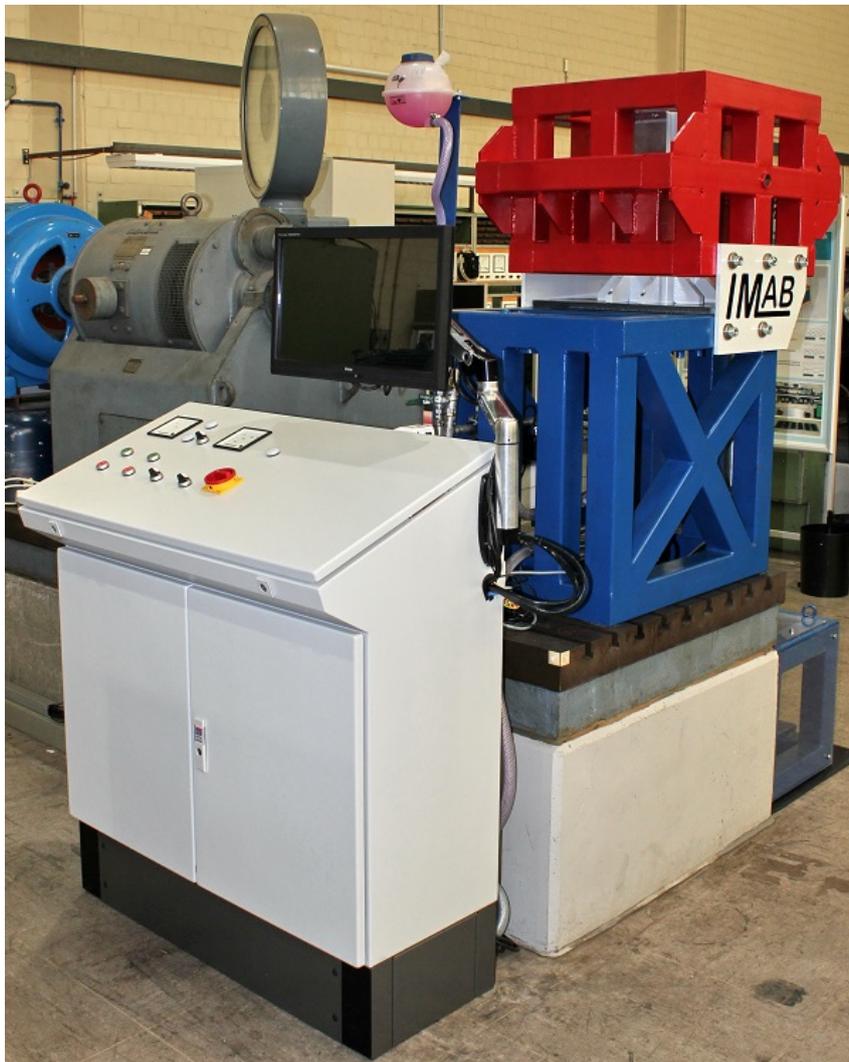
Da nur eine Prüfumgebung aufgebaut werden kann, sind die Konzepte in diesem zu vereinen. Für die Überprüfung der Maschinen-/ Kühlauslegung ist eine feste Anbindung der Prüfmaschine mit Aufzeichnung der Auflagerkraft erforderlich. Darüber hinaus muss der Läufer linear positionierbar sein ohne dabei die feste Anbindung an den eingestellten Positionen zu verlieren. Die Überprüfung der Kühlung erfordert zusätzlich zu den Maschinentemperaturen Sensoren im Prüfstand, die die Temperatur, Kühlmitteldruck und dessen Volumenstrom erfassen. Für die Dynamikmessung ist die feste Anbindung zu lösen, so dass sowohl der Läufer sich dynamisch bewegen, als auch von außen bewegt werden kann. Für die anwendungsnahen Untersuchungen ist es zusätzlich erforderlich sowohl die feste Anbindung des Stators als auch die des Läufers federelastisch anzubinden.

Im Folgenden sind Abbildungen, die Teile des CAD-Modells vom Prüfstand zeigen, zur Erläuterung der Konzeptumsetzungen dargestellt.

Eine ASM treibt über eine Sicherheitskupplung einen Kurbeltrieb an, der die rotierende Be-

wegung in eine lineare umsetzt. Sowohl die Auslegung des Kurbeltriebs als auch die Konstruktion des Gitterrohrrahmens erfolgten mit Hilfe studentischer Arbeiten. Durch Festbremsen des Kurbeltriebs kann eine starre Anbindung realisiert werden. Eine noch zu entwickelnde Lageregelung soll diese Methode in Zukunft überflüssig machen.

Die Komponenten zur Anbindung des feststehenden Teils der Prüfmaschine wird über eine Aufnahme mit der Kraftmessdose verschraubt, die mit dem starren Aufbau befestigt ist. Dieser besteht aus einem Schlitten, zwei Halteplatten mit IMAB-Logo und einem Gerüst aus geschweißten Quadratrohren, welches auf einem Stahlbetonfundament befestigt ist. Dieser Aufbau stellt die notwendige Höhe für die Prüfmaschine inklusive des vollen Fahrweges zur Verfügung.



Kompletter mechanischer Aufbau des Prüfstands inklusive Anregung und Prüfmaschine

Der rot dargestellt Schlitten kann durch das Lösen der Seitenbefestigungen mit IMAB Beschriftung freigegeben werden. Hierzu ist er mit einer Feder auf der Rückseite abzustützen und mittig mit Hilfe der grün dargestellten Säule zu lagern. Diese Lager müssen bei Bewegung des Aufbaus aus der Ruhelage das aus der Differenz zwischen Kraftereinleitung am Prüfling und Federkraft gebildete Kippmoment abstützen, um den Freiheitsgrad der vertikalen Bewegung nicht zu verlieren. Die Verbindungsstange zwischen Anregung und Schubstange des Kurbeltriebs kann zukünftig durch eine federelastische Aufhängung ersetzt werden, so dass alle Konzeptüberlegungen mit einem Prüfstand realisierbar sind.

Zusätzlich zu den in den Abbildungen dargestellten Komponenten sind ein Schaltschrank, mehrere Sensoren sowie zwei Kühlkreisläufe aufgebaut worden. Die Ansteuerung und die Messauswertung befinden sich in einem im Schaltschrank integrierten PC.

Zur Parametrierung der Stromreglergrößen und zur Überprüfung der Maschinenauslegung im statischen Betriebspunkten konnte der Prüfstand bereits erfolgreich eingesetzt werden. Aktuell laufen Vermessungen der Prüfmaschine für dynamische Betriebszustände. Die Erweiterung des Prüfstands zur anwendungsnahen Erprobung von Ansteuer- bzw. Regelungen ist noch zu realisieren.

BMBF-Projekt: e-generation

Dipl.-Ing. Anna-Lena Menn

Im Rahmen des Förderprojekts “e-generation”, welches vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt wird, werden neue Schlüsseltechnologien für die nächste Generation der Elektrofahrzeuge erforscht. Hierzu gehört vor allem die Entwicklung neuer Komponenten für elektrisch angetriebene Fahrzeuge. Ziel ist es die Faktoren Reichweite, Kosten und Alltagstauglichkeit zu verbessern. Diese Ziele sollen vor allem durch eine Optimierung von Effizienz und Gewicht erreicht werden. Aufgabe des IMAB ist es effiziente Elektromotoren und Ansteuerverfahren zu evaluieren. Hierzu wurden verschiedene Elektromaschinen (Synchron- und Asynchronmaschinen) ausgelegt und bewertet. Die Auslegung umfasst neben den klassischen Untersuchungen zur Elektromagnetik und Thermik ebenfalls eine Berücksichtigung der Skalierbarkeit im Hinblick auf eine Baukastenstruktur. Anschließend wurden detaillierte Untersuchungen zur Effizienz von Asynchronmaschinen durchgeführt. Diese Untersuchungen enthalten sowohl die Erstellung von Wirkungsgradkennfeldern als auch die Implementierung eines neuartigen Ansteuerverfahrens für einen Wechselrichter. Dieses Verfahren erzielt eine Wirkungsgradoptimierung und somit wird eine gewünschte Verlustreduzierung ermöglicht.

Analyse und Auslegung von Energiespeichern

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jan-Hendrik Psola

„Smart Nord – Intelligente Netze Norddeutschland“ ist ein vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) geförderter, interdisziplinärer Forschungsverbund im Kontext des Niedersächsischen Energiekonzepts. Der Ausstieg aus der Kernenergie und die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energieträger machen einen grundlegenden Systemwandel erforderlich, um unsere Energieversorgung verlässlich, klimaverträglich und bezahlbar umzugestalten. Eine wesentliche Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende ist es, konventionelle Großkraftwerkskapazitäten zuverlässig durch dezentrale Energiesysteme wie Photovoltaik-, Windkraft- und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen substituieren zu können. Dazu muss einerseits das Einspeise- und Bedarfsverhalten einer Vielzahl von Erzeugern, Verbrauchern und Speichern aufeinander abgestimmt werden, um die Bilanz der sogenannten Wirkleistung auszugleichen, und andererseits müssen auch netzstabilisierende Aufgaben, die heute vor allem von konventionellen Kraftwerken erbracht werden, zukünftig zunehmend von den dezentralen Anlagen übernommen werden. Besonderes Augenmerk bei der Anwendung liegt auf der Aggregation von dezentralen Verbrauchern und Erzeugern zur Bereitstellung von Wirkleistung nach vereinbarten Fahrplänen sowie von Netz- bzw. Systemdienstleistungen zum Ausgleich der fluktuierenden Einspeisungen regenerativer Energieanlagen in Echtzeit unter Berücksichtigung der Netzbelastung. Ein weiterer zentraler Forschungsgegenstand ist das Netz selber, das im Hinblick auf seine Stabilität bei neuen Betriebsweisen und Verwendung von Betriebsmitteln untersucht wird.

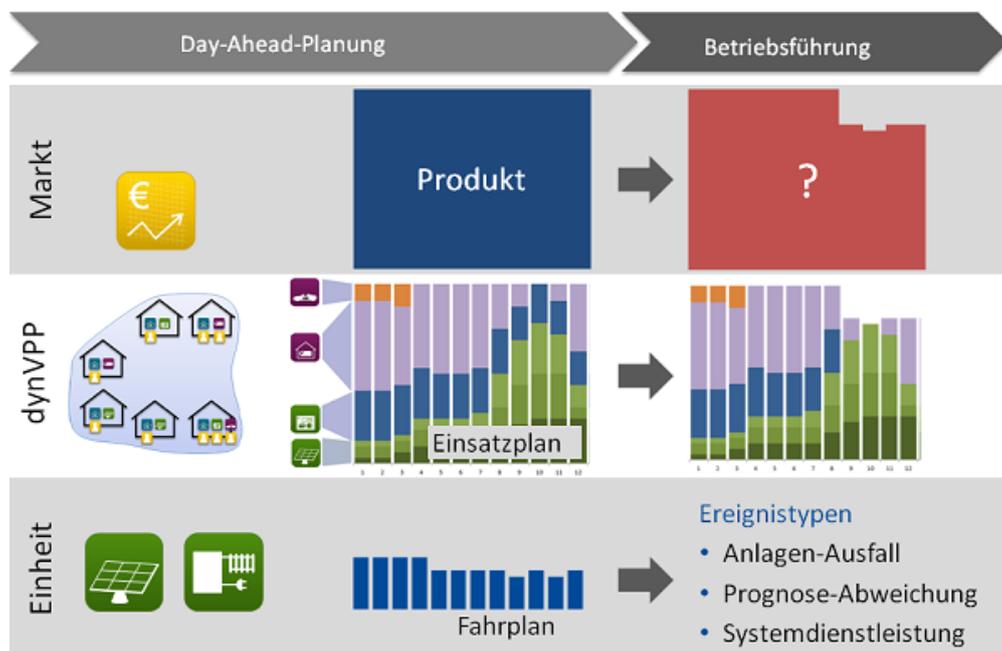
In diesem Kontext werden der Einsatz und die Auslegung von Energiespeichern am IMAB untersucht. Dabei wird ein Überblick über verschiedene Speichertechnologien mit Leistungs-/Energieeckdaten unter Berücksichtigung der technischen Entwicklung erstellt.

Entwicklung einer Methodik zur optimalen Auslegung von Energiespeichern in Bezug auf

- die zu verwendende Technologie.
- die Platzierung des Speichersystems.
- die Dimensionierung von Leistung und Kapazität.
- wirtschaftliche Betriebskonzepte.

Systematische Untersuchung verschiedener Speichertechnologien.

- Modellerstellung anhand von Messungen/Datenblättern
- Netzsimulation mit Untersuchungen zum Speichereinfluss und Betrachtung von unterschiedlichen Betriebsstrategien
- Wirtschaftlichkeit anhand von Einsatzszenarien
- Identifikation von Restriktionen und Nebenbedingungen



SmartGrid Einsatzplanung

4.2 Externe Forschungsthemen

Thermisch-elektrische Analyse und Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen für den elektrischen Antrieb eines Plug-In Hybridfahrzeugs

Dipl.-Wirtsch.-Ing Franziska Beste

Die Hochvoltkomponenten in elektrischen und hybriden Antrieben besitzen thermische Charakteristika, die für die Integration in das Fahrzeug wesentliche Einflussfaktoren darstellen. Ein gesamtheitliches Thermomanagement des Hochvoltsystems ist notwendig, um Kernpunkte wie Energieverbrauch, Leistung, Lebensdauer, Kosten und Bauraum mit hoher Effizienz umzusetzen. Mittels messtechnischer Untersuchungen und einer Fahrzeugmodellierung werden Verlustbestimmungen des elektrischen Antriebsstranges vorgenommen. Aufgrund der resultierenden Erkenntnisse werden neue innovative Maßnahmen auf Systemebene konzipiert und umgesetzt. Diese liefern einen wertvollen Beitrag für die Verbesserung des thermischen Verhaltens der Bauteile und deren Auswirkungen unter realistischen Fahrbedingungen.

Modellierung des Alterungsverhaltens von Lithium-Ionen Batterien für einen Lebensdaueroptimierten Betrieb in elektrifizierten Fahrzeugen

Dipl.-Ing Felix Gottschalk

In dieser Arbeit werden Methoden zur Alterungsmodellierung entwickelt, um die relevanten Alterungsprozesse in der Batterie abzubilden. Chemische und physikalische Prozesse werden in mathematische, im Fahrzeug berechenbare, Gleichungen überführt und sowohl mit Daten aus der chemischen Zellanalyse, als auch mit elektrischen Messungen parametrisiert. Betriebsstrategien im Fahrzeug sind damit unter Lebensdaueraspekten optimierbar und die Lebensdauer der Batterie kann in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen prognostiziert werden.

Bewertung Kühlsysteme elektrischer Antriebe für hybride Fahrzeuge

M.Sc. Holger Hinrich

Beschreibung: Entwicklung einer Methode zur Erstellung von validierten Thermalmodellen. Der Fokus liegt neben der Bewertung verschiedener Modellstrukturen und Diskretisierungsgraden insbesondere in der messdatenbasierten Parametrisierung der Modelle, für einen gesteigerten Anspruch an die Simulationsgüte. Hierzu werden auch auf die erforderliche messtechnische Basis und die angewandten Erprobungsstrategien eingegangen.

Induktive Energieübertragung für fremderregte Traktionsantriebe

M.Sc. Julian Veitengruber

Ziel der Arbeit ist die Substitution von Schleifringen in fremderregten Traktionsmotoren durch eine kontaktlose, induktive Energieübertragung. Grundsätzlich sind damit neben einem verschleißarmen Betrieb höhere Drehzahlen und damit gesteigerte Leistungsdichten von rotorseitig elektrisch erregten Antriebssystemen denkbar. Die Arbeitsschwerpunkte liegen dabei insbesondere auf der Modellbildung der elektromagnetischen Komponenten, der Leistungselektronik, der Regelung sowie der konstruktiven Integration in den bestehenden Bauraum der Maschine.

Die permanentmagneterregte Synchronmaschine — Schutzkonzept zum Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen

M.Sc. Nijan Yogal

Zum sicheren Betrieb von permanentmagneterregten Synchronmaschinen in explosionsgefährdeten Bereichen sind detaillierte Kenntnisse über die potentiellen Zündquellen dieser Maschinenbauart sowie deren sicherheitstechnische Beherrschung von elementarer Bedeutung. Bei permanentmagneterregten Maschinen sind das zum einen die Erwärmung im Normalbetrieb und im Störfall die mechanisch sichere Befestigung der Magnete des Rotors. Dieser Aspekt hat auch unter dem Aspekt der ablaufenden Alterungsvorgänge eine große Bedeutung.

Unter Explosionsschutzaspekten sind auch zusätzliche Erwärmungen des Rotors und der

Magnete durch umrichterbedingte Stromüberschwingungen mit Grundwellenpolteilung in der Maschine ein wichtiges Thema in dieser Forschungsarbeit.

4.3 Dissertationen

Design Rules for Permanent Magnet Synchronous Machine with Tooth Coil Winding Arrangement

Dr.-Ing. Ahamed Bilal Asaf Ali

This thesis presents the generic rules for permanent magnet synchronous machine (PMSM) with tooth coil winding arrangement. The generic rules concentrate on minimized cogging torque and torque ripple. The geometries considered in this thesis are two different tooth coil winding arrangements and three different rotor types to formulate the design rules. The occurrence of parasitic torque in the PMSM is classified from the origin of harmonic sources. The cogging torque and torque ripple are derived analytically using the stator current sheet distribution, the rotor field distribution and the permeance functions. The detailed torque analysis is performed in Finite Element Method (FEM) for different slot opening and magnet pole coverage.

The 2D harmonics analysis approach is used to predict the sources of the harmonics. The torque is reconstructed from the selected harmonics combinations and compared with the pulsating torque obtained directly from the FEM. The harmonic sources of pulsating torque are also validated with prototype for a geometry. The investigations on pulsating torque are extended to other operating points such as field weakening and half load condition.

Finally, the generic design rules are suggested for PMSM with tooth coil winding arrangement. In addition, simplified design rules to have a quick design approach and design guidelines from a manufacturing point of view are suggested.

5 Ereignisse 2014

5.1 Berichte von besonderen Ereignissen

Automotive Forschung im NFF am Braunschweiger Forschungsflughafen

Prof. Dr.-Ing. Markus Henke

Das Jahr 2014 war geprägt vom Aufbau des Gebäudes des Niedersächsischen Forschungszentrums Fahrzeugtechnik. Die enge räumliche Anbindung an andere Institute der TU ermöglicht es uns, im NFF sehr interdisziplinär zu forschen und neue Forschungsthemen voranzutreiben.



NFF Gebäude am Braunschweiger Forschungsflughafen

Das IMAB wird dort Projekte aus dem Bereich Fahrzeugtechnik durchführen. Die enge Verzahnung von Leistungselektronik und elektrischer Maschine ist Kernbestandteil von automotiven Antriebssystemen. Hier bietet das NFF dem IMAB eine hervorragende Möglichkeit diese Forschungsfragen zu adressieren. In einem Labor für Leistungselektronik besteht die Möglichkeit, umfangreiche Untersuchungen zu automotiven Leistungselektronikkomponenten und Systemen durchzuführen.

Daran schließt sich ein Prüflabor an, das mit einer Hochdrehzahl- und einer Hochdrehmoment-Lastmaschine ausgerüstet ist. Hier können vom IMAB elektrische Fahrzeugantriebe aller Art in professioneller Umgebung vermessen und analysiert werden. Im Laufe des Jahres wurden die Prüfstände spezifiziert, beauftragt und letztlich installiert, sodass zur Einweihung des NFF am 11. Februar 2015 zwei hochmoderne Elektromaschinenprüfstände mit Bremsleistungen von ca. 200 kW bei 16.000 U/min zur Verfügung stehen.

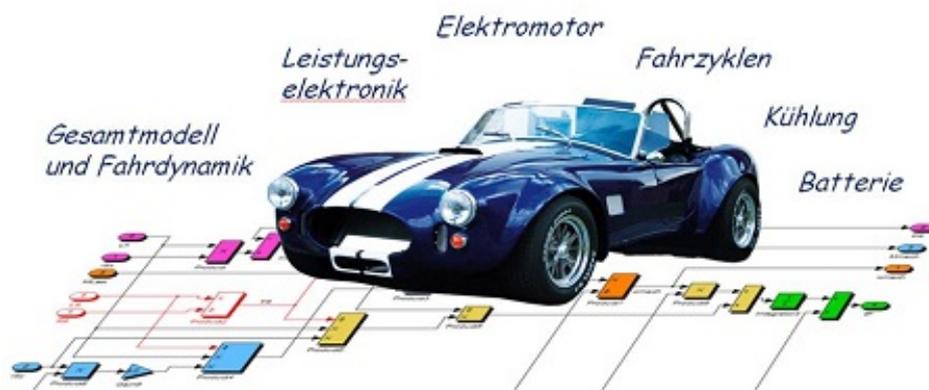


IMAB Prüfstände im NFF

Antriebssysteme für Elektrofahrzeuge - Neues Praktikum rund den elektrischen Antriebsstrang

Dipl.-Ing. Anna-Lena Menn

Seit dem diesjährigen Sommersemester haben wir unser Lehrportfolio um das Labor „Antriebssysteme für Elektrofahrzeuge“ erweitert. Ziele dieses Praktikums sind zum einen den Studierenden einen vertieften Einblick in das Gesamtsystem „Elektrofahrzeug“ zu gewähren und ein Kennenlernen aller wichtigen Komponenten des Antriebsstrangs zu ermöglichen. Basis hierfür ist ein reales Elektrofahrzeug, welches am IMAB zurzeit aufgebaut wird, der „IMAB-Racer“.



IMAB-Racer Praktikum

Für dieses Fahrzeug werden bei uns alle (elektrischen)Komponenten selbst entwickelt und gebaut. Kern des Praktikums ist nun die Erstellung eines Gesamtfahrzeugmodells, welches den elektrischen Antriebsstrang des IMAB-Racers vollständig nachbildet. In einem Teil der insgesamt sieben Versuche wird dieses Modell sukzessiv in der Simulationsumgebung SIMULINK© von den Studierenden selbst am Rechner aufgebaut und mit den erforderlichen Daten versehen. Dazu werden vorab wichtige Grundlagen der jeweiligen Thematik in der Gruppe erläutert und diskutiert. Bei diesen Versuchen handelt es sich um die folgenden:

- Längsdynamiksimulation
- Energiespeicher
- Elektroantrieb
- Leistungselektronik

- Thermische Analyse

In einem weiteren Versuch werden dann alle erstellten Bausteine des Modells zu einem Gesamtfahrzeugmodell zusammengeführt und den Studierenden ist es somit möglich für verschiedene Fahrzyklen wichtige Kenngrößen (Momentenverläufe, Energieverbräuche) der Fahrzeugsimulation zu evaluieren und zu bewerten.

Begleitet wird das Praktikum von einem Prüfstandsversuch in unserer Maschinenhalle, welcher eine Reihe von Messungen beispielsweise die Bestimmung der Maschinenparameter oder eine Kennfeldvermessung enthält. Diese Messreihen werden von den Studierenden selbst aufgenommen und die Ergebnisse werden ebenfalls in der Simulation berücksichtigt. Hierdurch ist eine gute Verzahnung von Hard- und Software gelungen.

Das Praktikum zeigt großes Interesse bei den Studierenden, wir konnten ein sehr positive Evaluierung erzielen und werden, ob des Erfolgs in diesem Jahr, im nächsten Jahr unsere Kapazitäten erhöhen, so dass mehr Studierende die spannende Zukunftstechnologie „Elektromobilität“ erleben können.

Institutsausflug

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jan-Hendrik Psola

Bei dem diesjährigen Institutsausflug gab es ein besonderes Highlight für die Mitarbeiter des IMABs. dabei wurde speziell das Thema Bahnen in den Fokus gerückt, aber auch Erneuerbare Energien spielten eine Rolle.

Los ging es mit dem IMAB Sonderzug, bestehend aus einer NOHAB MY 1142 und zwei historischen Waggons aus den dreißiger Jahren in Braunschweig-Gliesmarode.



Von dort fuhr der Zug mit kurzem Zwischenhalt in Gifhorn-Isenbüttel nach Gifhorn-Stadt.

Unser Lokführer war kein unbekannter, sondern ein ehemaliger Student des IMABs: Markus Steinbach. Während der Fahrt erklärte er den Mitreisenden die Besonderheiten der NOHAB und gab Einblicke in den Bahnbetrieb. Durch mehrere Zwischenhalten konnten auf Hin- und Rückfahrt alle Interessierten im Führerstand der Lok mitfahren. Aber auch die Fahrt in den

historischen Waggons begleitet von Mitgliedern des Verein Braunschweiger Verkehrsfreunde e.V. war ein Erlebnis.

In Gifhorn wurde das ansässige Mühlenmuseum besichtigt. Auf dem 160.000 qm großen Freigelände befinden sich 16 Wind-, Wasser- und Schiffsmühlen in Originalgröße.

Den Abschluss fand der spannende Tag bei einem gemütlichen Grillen „An der Rampe“.

IMAB Kickertunier

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jan-Hendrik Psola

Das erste jährliche IMAB Kickertunier fand am 29. Juli statt. Dabei traten Teams aus den Reihen der IMAB-Beschäftigten gegeneinander an und spielten um den Meisterpokal. Bei der Premiere konnte in einem spannenden Turnier das Team *Lucky Losers* (Langmaack/Tareilus) den Sieg für sich verbuchen.



Teilnehmer der IMAB-Open

Als weiteres Kickertunier fanden die ersten IMAB-Open am 17. November statt. Hierbei sind alle institutsnahen Personen als Teilnehmer zugelassen. So hatten ebenfalls Studenten und Familienangehörige die Möglichkeit auf den Titel. Die Meisterschale konnte hierbei Team *JoJo* (Fam. Maurus) für sich gewinnen.

TU-DAY 2014 - Wissenschaft bewegt

M. Sc. Fabian Hain

Mit dem Motto „Hier gehts rund“ präsentierte sich das IMAB am 28. Juni beim Tag der offenen Tür der Technischen Universität Braunschweig. Mit einem neuen Konzept findet der TU-DAY ab diesem Jahr im jährlichen Wechsel mit der TU-NIGHT statt. Dabei öffneten sich die Pforten der TU Braunschweig schon zum elften Mal für Schülerinnen und Schüler, Familien mit Kindern, Freunde und Wissenschaftsinteressierte. Das neue Konzept mit den Forschungsschwerpunkten Mobilität, Stadt der Zukunft, Infektionen und Wirkstoffe sowie Digitale Gesellschaft lockte rund 15.000 Besucherinnen und Besucher an und war wieder ein voller Erfolg.

Das Institut für Elektrische Maschinen, Antriebe und Bahnen präsentierte sich mit diversen Exponaten und Postern über die Forschungsarbeit im Themenhaus Mobilität. Dabei wurde der Aufbau und die Wirkungsweise von elektrischen Motoren und der berührungslosen Energieübertragung, mit der die Busse der Ringlinie M19 ausgerüstet werden, für Elektrofahrzeuge erklärt. Dabei lud das Modell dieser neuen Technologie zur Diskussion und zum Anfassen ein.



Stand des IMABs beim TU-DAY

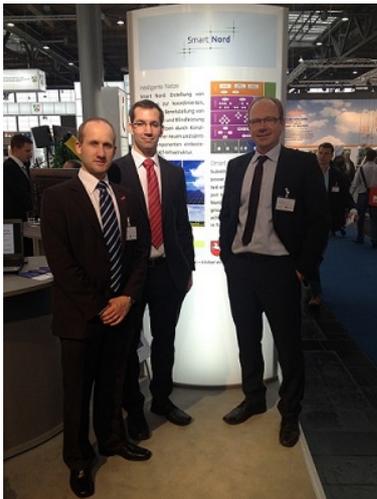
Messebeteiligung des interdisziplinären Forschungsverbundes Smart Nord

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jan-Hendrik Psola

Ziel des Forschungsverbundes Smart Nord ist die Erstellung von Beiträgen zur koordinierten, dezentralen Bereitstellung von Wirkleistung, Regelleistung und Blindleistung in den Verteilnetzen.



Der Forschungsverbund wird gefördert durch das niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur und setzt sich aus Forschergruppen folgender Institutionen zusammen: Universität Oldenburg, Leibniz Universität Hannover, TU Braunschweig, TU Clausthal, Next Energy, OFFIS und dem EFZN.



Standbetreuung IMAB

Auf der diesjährigen Hannover Messe vom 7. bis zum 11. April hat der Forschungsverbund Smart Nord auf der Ausstellungsfläche des Landes Niedersachsen erste Ergebnisse präsentiert. Dabei wurden die Ziele des Projekts anhand eines Demonstrators veranschaulicht. Neben vielen informativen Gesprächen konnten auch Ansätze zum Transfer der Forschungsergebnisse in den industriellen Bereich verzeichnet werden.

Seit dem 1. April 2014 hat Prof. Dr. M. Sonnenschein, Department für Informatik der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg die Leitung der Forschungsgemeinschaft an Prof. Dr.-Ing. habil. L. Hofmann, Institut für

Energieversorgung und Hochspannungstechnik der Leibniz Universität Hannover übergeben. Es verbleibt noch etwa ein Jahr bis die abschließenden Ergebnisse auf einer Abschlusstagung in Hannover im Februar 2015 ausführlich vorgestellt werden.

Der Pausenexpress

Dipl.-Ing. Anna-Lena Menn

Innovative Forschung und die Vorbereitung guter Lehrveranstaltungen gehen meist mit einer Menge Arbeit am PC einher. So ereilen den ein oder anderen PC- Nutzer unangenehme

Rücken- und Nackenschmerzen.

Glücklicherweise schafft ein tolles Angebot der betrieblichen Gesundheitsförderung *Der Pausenexpress* den fleißigen Rechenknechten an dieser Stelle Abhilfe. Seit diesem Semester beteiligt sich das IMAB an diesem Sportprogramm und es wird einmal wöchentlich mit viel Elan und Spaß aktiv gegen Verspannungen, Verhärtungen und allem anderen, was durch langes Sitzen die Muskulatur ärgert, entgegen gewirkt.

5.2 Kalender

01.01.

Das IMAB wird Kooperatives Mitglied im VDE Bezirksverein Braunschweig

Teilnehmer: alle

22.01.

Neujahrsempfang VDE Bezirksverein Braunschweig

Teilnehmer: Canders, Psola

31.01.

Hennig Schillingmann erreicht den ersten Platz im VDI-Studentenwettbewerb „Mobilität mit Zukunft“ mit seiner am IMAB erstellten Bachelorarbeit „Numerische Analyse eines Lineargenerators“

Teilnehmer: Schillingmann

05.02.

Fernwehabend in der Institutsbibliothek

Teilnehmer: alle

12.02.

Inbetriebnahme 3D-Druck

Teilnehmer: Löffler

18.-19.02.

11. Symposium Hybrid- und Elektrofahrzeuge, Braunschweig

Unter der Tagesleitung von Prof. Henke diskutieren Fachleute aus Wissenschaft und Industrie neue Forschungsansätze zum elektrifizierten Antriebsstrang

Teilnehmer: Canders, Henke, Langmaack, Tareilus

25.-27.02.

International Conference on Integrated Power Electronics Systems (CIPS 2014), Nürnberg

Teilnehmer: Langmaack, Tareilus

25.-27.03.

International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER 2014), Monaco

Teilnehmer: Henke, Menn

26.03.

Chinesische Neujahrsfest am IMAB

Teilnehmer: alle



07.-11.04.

Hannover Messe

Das IMAB stellt Forschungsarbeiten des Verbundprojektes SmartNord vor

Teilnehmer: Henke, Hain, Maurus, Psola

09.05.

Grillabend der AG Langmaack

Teilnehmer: alle

13.05.

Magnettag Ilmenau

Teilnehmer: Maurus

20.-22.05.

International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management (PCIM 2014), Nürnberg

Teilnehmer: Langmaack, Tareilus

27.05.

Forum Elektromobilität „Induktives Laden“, Lathen im Emsland

Teilnehmer: Dietrich

17.-19.06.

International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management Asia (PCIM Asia 2014), Schanghai

Teilnehmer: Psola

24.-26.06.

Internationale Ausstellung & Konferenz für Spulenkwicklung, Isolierung und Elektrofertigung (CWIEME 2014), Berlin

Teilnehmer: Cai, Hain, Heister

28.06.

TU-Day

Teilnehmer: Hain, Domann, Langmaack

01-02.07

Cluster-Seminar - Die fremderregte Synchronmaschine, Nürnberg

Teilnehmer: Hain

04.07.

Doktorprüfung Ahamed Bilal Asaf Ali

Teilnehmer: alle

**15.07.**

Institutsausflug

Teilnehmer: alle

16.07.

Behördenstaffelmarathon

Teilnehmer: Henke, Heister, Hain, Schillingmann, Cai, Psola, Mieke

**29.07.**

1. IMAB-Kickerturnier

Teilnehmer: Henke, Heister, Hain, Cai, Psola, J. Hoffmann, P. Hoffmann, Langmaack, Tareilus, Nissen, Dietrich, Löffler

02.-05.09.

International Conference on Electrical Machines, Berlin

Teilnehmer: Canders, Henke, Bode, Cai, Hain, Heister, Schillingmann

**10.09.**

Pressevorstellung des Forschungsprojektes emilia, Präsentation der 3 VW E-Golf zur Implementierung induktiver Ladetechnik

Teilnehmer: Dietrich

01.10.

Amtsantritt Prof. Dr.-Ing. Regine Mallwitz

Teilnehmer: alle

**20.-21.10.**

VDE-Kongress 2014, Frankfurt am Main

Teilnehmer: Psola, Estelmann

**22.-25.10.**

ICEMS 2014, Hangzhou

Teilnehmer: Henke, Cai

28.10.

85-Jahr-Feier VDE Bezirksverein Braunschweig

Teilnehmer: Psola

27.-28.10.

Kolloquium „Halbleiter-Leistungsbaulemente und ihre systemtechnische Anwendung“ in Freiburg

Teilnehmer: Mallwitz

29.10.

Verleihung des ITS Niedersachsen Studentenpreis 2014 an Christian Sell als Auszeichnung für seine Masterarbeit

Teilnehmer: Sell

17.11.

1. IMAB-Open

Teilnehmer: Henke, Hain, Langmaack, Löffler, Maurus, Nissen, Psola, Tareilus, Assmann, Kramer, Maul, Siebke

19.11.

Jahreshauptversammlung VDE Bezirksverein Braunschweig

Teilnehmer: Hain, Psola, u.a.

**20.-21.11.**

2. Pumpspeichertagung des EFZN, Goslar

Teilnehmer: Candors

02.-03.12.

ECPE Workshop: Intelligent Reliability Testing, Nürnberg

Teilnehmer: Mallwitz, Tareilus

18.12.

Weihnachtsfeier des IMAB im Grünen Jäger in Braunschweig

Teilnehmer: alle

5.3 Berichte in den Medien

01.01.

Design effizienter und leistungsstarker Energiewandler

Bericht über die Forschung am IMAB in der VDE Information 01/2014

27.03.

Offizieller Startschuss für Fahrgastbetrieb mit EMIL-Bus

Braunschweiger Verkehrs-GmbH

01.07.

Forschung aus Braunschweig liefert Beitrag zum Gelingen der Energiewende

VDE Information 03/2014

10.09.

Drei neue Elektrofahrzeuge für Braunschweiger »Emil«-Projekt

Pressestelle TU-Braunschweig

12.09.

Das TU-Forschungsauto Emilia ist da

Braunschweiger Zeitung

26.09.

Laden ohne Kabel ab 2017

AutoBild

12.09.

Ladekabel adieu!

Zeit Online

6 Veröffentlichungen in 2014

1. M. Henke, G. Tareilus, N. Langmaack: *SiC boost converter with high power density for a battery electric sports car*, 11th Symposium on Hybrid and Electric Vehicles, Februar 2014, Braunschweig
2. C. Löffler, W.-R. Canders: *Modulares Transportsystem mit räumlich gekrümmten Trajektorien*, Antriebs Journal 02/2014
3. A.-L. Menn, W.-R. Canders, M. Henke: *Holistic Analytical Design of induction motors for automotive application – Efficiency optimization by variation of rotor frequency*, Ninth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 25.-27.03.2014, Monaco
4. J.-H. Psola, K. Pandya, M. Henke: *Characteristics of Energy Storage in Smart Grids*, Ninth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 25.-27.03.2014, Monaco
5. J. Hoffmann, W.-R. Canders, M. Henke: *Herausforderungen bei Design und Realisierung von elektrischen Hochdrehzahl-Traktionsantrieben*, E-Motive 6. Expertenforum Elektrische Fahrzeugantriebe (Wolfsburg), 14.-15. Mai 2014
6. N. Domann, M. Henke: *Determining the Effects of Rotor Eccentricity and Slotting Through an Analytical Method*, 5th International Symposium on Applied Electromagnetics (SAEM), pp. 1–7, 08.06 – 11.06.2014, Skopje, Macedonia
7. J.-H. Psola, W.-R. Canders, M. Henke: *Optimization of energy output by combining energy storages with renewable energies*, PCIM ASIA 2014, 17.06. - 19.06.2014, Shanghai, China
8. C. Bode, H. Schillingmann, M. Henke: *A Free-Piston PM Linear Generator in Vernier Topology using quasi-Halbach-Excitation*, XXIIth International Conference on Electrical Machines (ICEM), 02.09 – 05.09.2014, Berlin, Germany

9. M. Cai, M. Henke, W.-R. Canders: *Least Squares based d-q Model of Non-ideal Multiphase Synchronous Machine*, XXIth International Conference on Electrical Machines (ICEM), 02.09 – 05.09.2014, Berlin, Germany
10. N. Domann, M. Henke: *Design and Build-up of a High Performance Six-phase Machine for an Automotive Application*, XXIth International Conference on Electrical Machines (ICEM), 02.09 – 05.09.2014, Berlin, Germany
11. F. Hain, N. Domann, M. Henke: *Interaction of Winding Topologies and Rotor Structure in Interior Permanent Magnet Machines*, XXIth International Conference on Electrical Machines (ICEM), 02.09 – 05.09.2014, Berlin, Germany
12. B. Munzel, F. Muuß, J.-H. Psola, N. Hemdan: *Effizientes und ökonomisches Energieversorgungskonzept von Bürogebäuden mit hoher Autarkiequote*, VDE-Kongress 2014, 20.-21.10.2014 Frankfurt am Main
13. B. Munzel, F. Muuß, N. Hemdan, J.-H. Psola: *DC Energieversorgungskonzept für Großgebäude mit hoher Autarkiequote*, VDE-Kongress 2014, 20.-21.10.2014 Frankfurt am Main
14. M. Cai, M. Henke, W.-R. Canders: *An Improved Method for Design of Multiphase Winding with Optimal Space Harmonics Spectrum*, 17th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS) 2014, 22.10 - 25.10 2014, Hangzhou, China
15. R. Mallwitz: *Leistungshalbleiter in der solaren Energieerzeugung*, 43. Kolloquium „Halbleiter-Leistungsbaulemente und ihre systemtechnische Anwendung“ 27.10. - 28.10.2014, Freiburg