

11. April 2019

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Kolleginnen und Kollegen,

ich möchte Sie mit diesem Schreiben ganz herzlich zum Workshop

**Prof. Dr.-Ing.
Christoph M. Hackl**

„Effiziente elektrische Antriebe“ am Freitag, den 17.05.2019 von 10:00-17:00 Uhr

Fakultät für
Elektrotechnik und
Informationstechnik

des neu gegründeten „Labors für Mechatronische und Regenerative Energiesysteme (LMRES)“ an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik (FK04) der Hochschule München einladen. Der Workshop findet an der Hochschule München, Lothstr. 64, statt.

Raum R4.037
Telefon 089 1265-3417
Fax 089 1265-3403
christoph.hackl@hm.edu

Uhrzeit	Agenda
10:00-10:15	Begrüßung
10:15-11:00	1. Vortrag: „Analytische Berechnung der optimalen Sollströme für beliebige Synchronmaschinen zur Minimierung der Kupfer- & Eisenverluste in allen Betriebsbereichen“, Christoph Hackl (HM)
11:00-11:15	Kaffeepause
11:15-12:00	2. Vortrag: „Optimale Betriebsführung unter Berücksichtigung von Eisenverlusten mit kontinuierlichem Übergang zwischen alle Betriebsstrategien“, Niklas Monzen (Volkswagen)
12:00-12:15	Kaffeepause
12:15-13:00	3. Vortrag: „Generische Maschinenidentifikation und effizienzoptimierte Momentensteuerung für Asynchronmaschinen“, Julian Kullick (HM)
13:00-14:30	Mittagspause
14:30-15:15	4. Vortrag: „Optimierte Pulsmuster zur Ansteuerung eines 2-Level Wechselrichters für Permanentmagnet-Synchronmaschinen mit starker magnetischer Anisotropie“, Athina Birda (BMW Group)
15:15-15:30	Kaffeepause
15:30-16:15	5. Vortrag: „Analytische Berechnung von Schaltzeitpunkten von Hochleistungs-DC/DC-Wandlern in Auslegung und Betrieb mit dem Ziel der Effizienzsteigerung“, Daniel Goldmann (HM)
16:15-17:00	Abschließende Diskussion und Verabschiedung



Kurzzusammenfassungen der einzelnen Vorträge sind am Ende dieses Schreibens aufgelistet. Der Workshop soll zum einen neueste Methoden vorstellen und zum anderen im Anschluss ausreichend Zeit für Austausch und Diskussion bieten.

Ich bitte um Zu- oder Absage bis zum **03.05.2019** für eine abschließende Planung des Workshops. Die Teilnehmeranzahl ist begrenzt.

Ich verbleibe mit freundlichen Grüßen und freue mich auf Ihr Kommen,

Prof. Dr.-Ing. Christoph Hackl
Leiter des „Labors für Mechatronische und Regenerative Energiesysteme (LMRES)“

P.S. Kurzzusammenfassungen der einzelnen Vorträge:

1. Vortrag:

„Analytische Berechnung der optimalen Sollströme für beliebige Synchronmaschinen zur Minimierung der Kupfer- & Eisenverluste in allen Betriebsbereichen“, Christoph Hackl (HM)

Kurzzusammenfassung: In diesem Vortrag wird eine einheitliche Theorie zur simultanen Minimierung der Kupfer- und Eisenverluste in Synchronmaschinen vorgestellt. Das vorgestellte Verfahren ist generisch und für alle Betriebsstrategien (wie z.B. Maximum Torque per Ampere (MTPA), Field Weakening (FW), Maximum Current (MC) oder Maximum Torque per Voltage (MTPV)) anwendbar. Es ermöglicht eine analytische und eindeutige Berechnung der optimalen Soll-Ströme unter Berücksichtigung nichtlinearer Flussverkettungen (inkl. Sättigungs- & Kreuzkopplungseffekte) bis hin zu Strom- und Spannungsgrenzen. Die analytische Lösung(en) zur Berechnung der optimalen Soll-Ströme ermöglicht einen nahezu instantanen Betrieb der Maschinen im optimalen Betriebspunkt. Numerische Methoden, die die optimale Lösung jeweils nur iterativ und näherungsweise finden, können umgangen und die Effizienz weiter gesteigert werden. Das vorgeschlagene analytische Verfahren eignet sich für beliebige anisotrope und nichtlineare Synchronmaschinen. Ausgewählte Simulations- und Messergebnisse illustrieren Effektivität und Anwendbarkeit der vorgestellten Theorie.

2. Vortrag:

„Optimale Betriebsführung unter Berücksichtigung von Eisenverlusten mit kontinuierlichem Übergang zwischen alle Betriebsstrategien“, Niklas Monzen (VW Salzgitter)

Kurzzusammenfassung: In diesem Vortrag wird eine automatisierte Erstellung eines Simulationsmodells für eine permanentmagneterregte Synchronmaschine vorgestellt. Das Simulationsmodell basiert auf Finite-Elemente-Berechnungen, welches die numerisch gewonnenen rotorlageabhängigen, nichtlinearen Flussverkettungen nutzt. Des Weiteren werden im Simulationsmodell sowohl Kupfer- als auch Eisenverluste berücksichtigt. Dazu wird ein Momentensteuerungsverfahren vorgestellt, das einen kontinuierlichen Übergang zwischen allen Betriebsstrategien ermöglicht. Die Betriebsstrategien berücksichtigen nichtlineare Flussverkettungen, Kupfer- und Eisenverluste. Die Entscheidung für die anzuwendende Strategie erfolgt unter Berücksichtigung von Strom- und Spannungsgrenzen auf Basis analytischer Berechnungen. Damit wird ein Verfahren vorgestellt, welches die Berechnung der optimalen Sollströme zur Laufzeit ermöglicht.



3. Vortrag:

„Generische Maschinenidentifikation und effizienzoptimierte Momentensteuerung für Asynchronmaschinen“, Julian Kullick (HM)

Kurzzusammenfassung: Um das Soll-Drehmoment einer Asynchronmaschine mittels feldorientierter Regelung möglichst effizient umzusetzen, ist eine erweiterte Maschinenidentifikation, welche über die üblichen Stillstand- und Leerlauftests hinausgeht, notwendig. In diesem Vortrag wird ein Verfahren zur Maschinenidentifikation, basierend auf steady-state Messungen in einem beliebig rotierenden dq-Koordinatensystem vorgestellt. Die hierdurch gewonnenen Maschinenkarten (z.B. Flusskarten) dienen als Basis für die Sollwert-Generierung der optimalen Motorströme, welche die Effizienz der Maschine bei gegebenem Soll-Drehmoment und gemessener Drehzahl maximieren. Ein wesentlicher Vorteil des vorgestellten Verfahrens ist die implizite Berücksichtigung von nichtlinearen Effekten wie Eisenverlusten oder magnetischer Sättigung. Das vorgestellte Verfahren garantiert die maximale Effizienz in jedem Betriebspunkt und erlaubt den quantitativen Vergleich mit anderen Momentensteuerungsverfahren wie beispielweise Constant-Flux (CF) Control oder Maximum Torque per Ampere (MTPA) Control.

4. Vortrag:

„Optimierte Pulsmuster zur Ansteuerung eines 2-Level Wechselrichters für Permanentmagnet-Synchronmaschinen mit starker magnetischer Anisotropie“, Athina Birda (BMW)

Kurzzusammenfassung: In diesem Vortrag wird die vielversprechende Methode der optimierten Pulsmuster zur Ansteuerung eines Wechselrichters vorgestellt, die im Rahmen einer Promotion in Kooperation mit der BMW Group untersucht wird. Es handelt sich um ein synchrones Modulationsverfahren, mit dem man die Schaltfrequenz des Wechselrichters reduzieren kann, ohne die Qualität des Stromes zu beeinträchtigen. Dadurch eröffnen sich Optimierungspotentiale bei Wirkungsgrad und Drehmomentenwelligkeit. Außerdem besteht das Potential einer Leistungserhöhung von bis zu 10% im Vergleich zur Raumzeigermodulation, da der Wechselrichter bei höheren Modulationsindizes betrieben werden kann. Während der Optimierung der Pulsmuster wird die stark betriebspunktabhängige magnetische Anisotropie der Permanentmagnet-Synchronmaschine (PMSM) mitberücksichtigt. Die optimalen Pulsmuster minimieren Oberwellengehalt des Ausgangsstromes und maximieren den Umrichter-Wirkungsgrad. Ausgewählte Messergebnisse illustrieren Effektivität und Implementierbarkeit der vorgestellten Methode.

5. Vortrag:

„Analytische Berechnung von Schaltzeitpunkten von Hochleistungs-DC/DC-Wandlern in Auslegung und Betrieb mit dem Ziel der Effizienzsteigerung“, Daniel Goldmann (HM)

Kurzzusammenfassung: In diesem Vortrag werden analytische Gleichungen vorgestellt, welche sowohl zur Systemauslegung dienen, als auch zur prädiktive Berechnung von Schaltzeitpunkten eines Hochleistungs-DC/DC-Wandlers mit galvanischer Trennung im Betrieb verwendet werden können. Die Berechnungen ermöglichen eine effiziente Ansteuerung der Halbleiter für die jeweiligen Betriebspunkte. Die Gleichungen beschreiben unterschiedliche Schaltmuster, welche den kompletten Betriebsbereich abdecken, und in Abhängigkeit von Ein-, Ausgangsspannung, der geforderten Leistung und Leistungsflussrichtung, sowie Systemeigenschaften (Schaltfrequenz, Übersetzungsverhältnis, Streuinduktivität, Totzeit) und weiterer relevanten parasitären Effekte gelöst werden. Ein Berechnungsziel ist das Schalten der Halbleiter in den Nulldurchgängen von Spannung und Strom (ZCS, ZVS). Simulations- und Messergebnisse bestätigen das gewünschte Verhalten.