

Laufzeit: 4 Jahre

# FREMDERREGTE SYNCHRONMASCHINE MIT KONTAKTLOSER ÜBERTRAGUNG DER ERREGERLEISTUNG IN DEN ROTOR

Magnetkreisberechnung für einen Drehübertrager



Projektleiter  
Prof. Dr. Armin Dietz

PROCESS –  
Energieeffiziente Elektrische Antriebs-  
und Maschinenkonzepte

Institut für Leistungselektronische  
Systeme – ELSYS

Technische Hochschule Nürnberg  
Georg Simon Ohm

Ansprechpartner  
M. Sc. Alexander Littau  
Tel.: +49.911.5880.3136  
Fax: +49.911.5880.5368  
Alexander.Littau@th-nuernberg.de  
www.encn.de

In diesem Themenbereich steht die Entwicklung innovativer und effizienter Antriebsmaschinen im Mittelpunkt. Fast alle derzeit in der Elektromobilität verfolgten Antriebskonzepte nutzen so genannte permanenterregete Synchronmaschinen (PSM) oder Asynchronmaschinen (ASM). PSM zeichnen sich durch eine hohe Leistungsdichte sowie bis zu mittleren Drehzahlen durch einen günstigen Wirkungsgrad aus. Dieser wird durch den Feldschwächstrom bei hohen Drehzahlen jedoch schlechter, außerdem sind zur Beherrschung von Ausfällen im hohen Drehzahlbereich aufwendige Elektronik-Maßnahmen erforderlich. Die Verwendung von Dauermagneten im Rotor bringt neben Montageproblemen insbesondere Probleme hinsichtlich der Rohstoffverfügbarkeit mit sich, da die Magnete hochpreisige Seltene Erden enthalten, deren Handel starken wirtschaftspolitischen Einflüssen unterliegt. ASM sind sehr robust und einfach in Bezug auf die Sicherheit beim Ausfall, die Rohstoffproblematik der Seltenen Erden entfällt. Jedoch sind Wirkungsgrad und Leistungsdichte schlechter als bei PSM. FORELMO hat daher das Ziel, alternative Lösungen aufzuzeigen und den Weg zu einer neuartigen elektrischen Antriebsmaschine in der Elektromobilität zu ebnet, konkret mit einer kostengünstigen, dauerhaltbaren und funktional besonders sicheren Lösung für die Fremderregung einer Synchronmaschine (FSM oder „stromerregete SM“).

Im Rahmen dieses Projekts soll eine für Automotive-Anwendungen neue, induktive und damit berührungslose Übertragung der Erregerleistung auf den Rotor einer fremderregten Synchronmaschine für Elektrofahrzeuge entwickelt werden, siehe Abb. 1. Ziele sind dabei höchste Effizienz und die Minimierung des Bauraums.

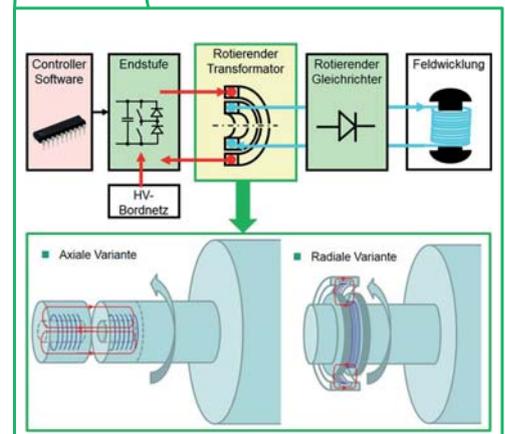
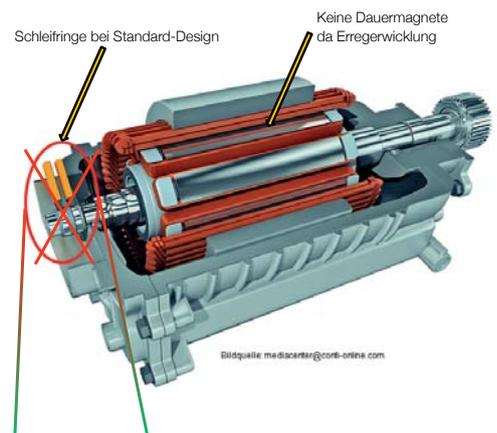


Abb. 1: Fremderregte Synchronmaschine mit einem Lösungsansatz zur kontaktlosen Übertragung der Erregerleistung





>>  
FREMDERREGTE SYNCHRONMASCHINE MIT KONTAKTLOSER  
ÜBERTRAGUNG DER ERREGERLEISTUNG IN DEN ROTOR  
Magnetkreisberechnung für einen Drehübertrager

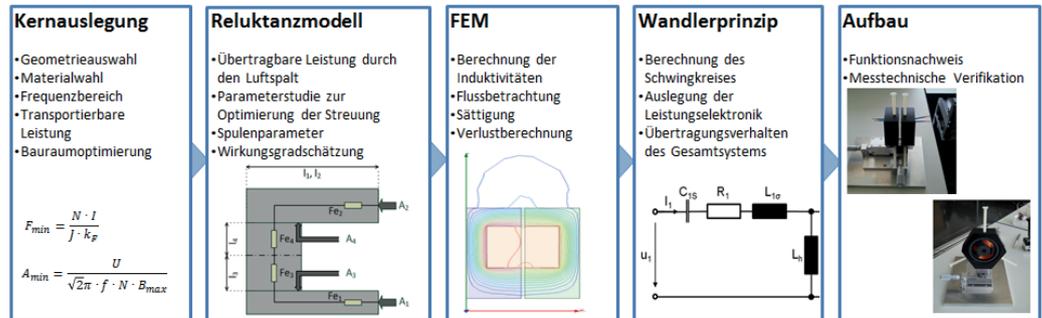


Abb. 2: Entwickelte Methode zur Auslegung eines induktiven Drehübertragers

Die Vorteile von FSM liegen in einem guten Wirkungsgrad über den gesamten Betriebsbereich, einer hohen Leistungsdichte, dem Verzicht auf teure Rohstoffe sowie in der Einfachheit in Bezug auf System- und Umrichter ausfälle und damit in der funktionalen Sicherheit.

Bei fremderregten Synchronmotoren wird das magnetische Rotorfeld durch einen Stromfluss im Rotor erzeugt. Bisherige Automotive-FSM-Systeme benötigen jedoch einen Schleifring zur Übertragung der elektrischen Energie. Diese Lösungen haben Nachteile, u.a. Abnutzung und Abrieb im Luftspalt. Durch die induktive Energieübertragung auf den Rotor werden die genannten Nachteile umgangen. Die Herausforderungen liegen in den hohen Drehzahlen im Bereich von 0 ... 12000 1/min auf der Sekundärseite (Rotor), dem kleinen verfügbaren Bauraum, den Anforderungen an Robustheit und Energieeffizienz sowie der fehlenden Möglichkeit für Sensoren auf der Rotorseite. Nach einer Konzeptphase werden Demonstratoren entwickelt, aufgebaut und vermessen. Um den Magnetkreis richtig dimensionieren zu können wurde dabei ein Verfahren entwickelt, welches eine schnelle Auslegung bei möglichst geringem Rechenaufwand erlaubt, siehe Abb. 2. Dieses beinhaltet eine Kernauslegung, Berechnung der übertragenen Leistung über den Luftspalt und anschließend eine exakte Bestimmung der Induktivitäten zur Auslegung eines Wandlers. Ein erster Aufbau wurde als eine axiale Variante bereits realisiert, der aus zwei handelsüblichen Topfkernen besteht.

Luftspalt mit einem Reluktanzmodell in SimulationX ermittelt. Zur Berechnung der Haupt- und Streuinduktivitäten wurde das auf FEM basierte Programm ANSYS Maxwell verwendet. Abschließend wurde sowohl das Reluktanzmodell als auch die numerische Berechnung der Induktivitäten (Abb. 3) messtechnisch verifiziert. Für die Leistungsübertragung wurde dabei ein einfacher gesteuerter Resonanzwandler aufgebaut und über einen Luftspalt von 1 mm eine Leistung von 1 kW bei einem Drehübertragerwirkungsgrad von 97,6 % übertragen.

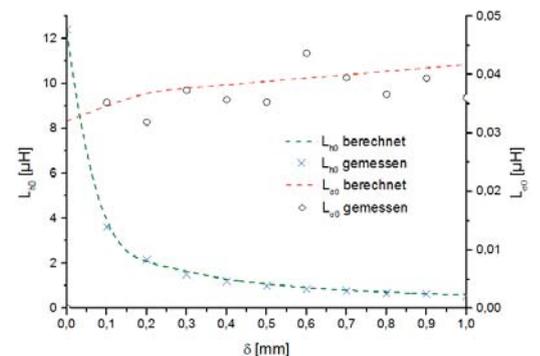


Abb. 3: Verifikation der berechneten Induktivitäten