

Entwicklung und Regelung einer 5-phasigen permanenterregten Synchronmaschine

Studiengang: Master of Science in Engineering | Vertiefung: Energie und Umwelt

Betreuer: Prof. Dr. Andrea Vezzini

Experte: Prof. Dr. Adrian Omlin (Hochschule Luzern)

Industriepartner: drivetek ag, Brugg

Das Interesse an mehrphasigen elektrischen Maschinen hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen, was sich vor allem auf das Volumen der zu diesem Thema publizierten Arbeiten auswirkt. Die Firma drivetek ag, ein führender Engineering-Dienstleister für applikationsspezifische Antriebstechnik, hat das Potential der mehrphasigen permanenterregten Synchronmaschinen erkannt und möchte ihr Wissen in diesem Bereich weiter vertiefen.

Ausgangslage

Als mehrphasig werden Maschinen bezeichnet, die über mehr als drei Phasen verfügen. In drehzahlvariablen Antriebssystemen erfolgt die Versorgung des elektrischen Motors über eine Leistungsendstufe und die Anzahl der Phasen ist grundsätzlich frei wählbar. Mehrphasige elektrische Maschinen besitzen gegenüber den konventionellen 3-phasigen Maschinen einige Vorteile, wie beispielsweise eine höhere Fehler-toleranz durch Redundanz oder die Möglichkeit der Stromaufteilung auf eine höhere Anzahl Phasen. Sie besitzen jedoch auch einige spezielle, von einer 3-phasigen Maschine abweichende Eigenschaften, deren Auswirkungen in der Praxis noch nicht abschliessend festgestellt werden konnten.

Zielsetzung

Die Funktionsweise der mehrphasigen Maschinen soll deshalb am Beispiel einer 5-phasigen permanenterregten Synchronmaschine in der Praxis untersucht werden. Die Arbeit umfasst die Realisierung der Maschine, die Entwicklung einer Regelung sowie die Inbetriebnahme.

Vorgehen

Nach einer ersten analytischen Grobauslegung wurde die Geometrie der zu entwickelnden 5-phasigen Maschine mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) und dem Software-Paket JMAG Designer opti-

miert. Bei der Optimierung wurde insbesondere darauf geachtet, dass die in der verteilten Wicklung induzierte Spannung möglichst sinusförmig verläuft. Die Maschine besitzt ein Double Layer V-Shaped Rotor-Design und eine nominelle Leistung von rund 5kW. Bei der Entwicklung der Vektorregelung wurde ein Rapid Control Prototyping Ansatz verfolgt. Dabei wurden unterschiedliche Regelungsalgorithmen mittels Model Based Design in der MATLAB/Simulink Umgebung entwickelt und anschliessend in einer Software-in-the-Loop Simulation (SIL) an der realen Maschine getestet. Das Herzstück der Regelung ist die Raumzeigermodulation, mit welcher die Ansteuersignale für die Leistungsendstufe auf der Basis der Pulsweitenmodulation erzeugt werden. Es wurden mehrere Modulationsarten mit unterschiedlichen Optimierungskriterien (Spannungsausnutzung, Schaltverluste und Oberwellen) implementiert.

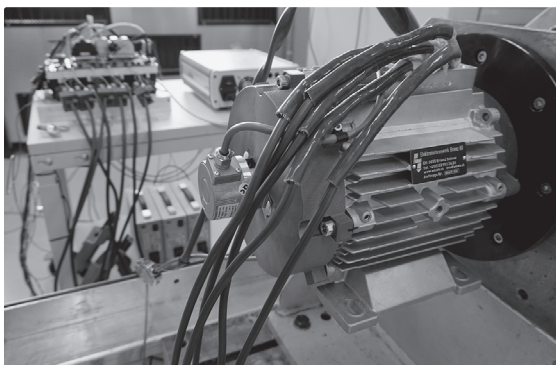
Ergebnisse und Ausblick

Die entwickelte 5-phasige Maschine konnte in den Labors der drivetek ag erfolgreich in Betrieb genommen werden. Dabei wurden die wichtigsten Maschinenparameter messtechnisch ermittelt und verifiziert. Beim Betrieb mit den entwickelten Regelalgorithmen konnten wichtige, neue Erkenntnisse über mehrphasige Maschinen gewonnen werden. Die zuvor erarbeitete Theorie hat sich zwar als richtig erwiesen, jedoch bewirkt bei dieser Maschinentopologie eine relativ kleine dritte Harmonische Spannungsamplitude im Back EMF eine viel grössere Verzerrung des Phasenstroms als erwartet. Aus diesem Grund wurde während der Inbetriebnahme ein weiterer Algorithmus entwickelt, welcher die Grundwelle des Phasenstroms regelt und zusätzlich die dritte Harmonische auslöscht.

Mit dieser Arbeit konnten die zusätzlichen Anforderungen an die einzelnen Entwicklungsschritte, die durch eine mehrphasige Maschine entstehen, aufgezeigt werden. Insbesondere die hohe Anzahl Freiheitsgrade beim Maschinendesign und in der Regelung bieten zukünftig jedoch interessante neue Möglichkeiten im Bereich der drehzahlvariablen Antriebssysteme.



Nicole Leuenberger
nicole.leuenberger@gmail.com



Die entwickelte 5-phasige permanenterregte Synchronmaschine auf dem Prüfstand der drivetek ag