

Entwicklung und Optimierung eines Reluktanzmotors

Fachgebiet: Maschinentechnik
Betreuer: Markus Zimmermann
Experte: Dr. Miha Furlan

Moderne Reluktanzmotoren sind effizient, kostengünstig herstellbar und fehlertolerant. Sie kommen ohne Permanentmagnete und ohne Bürsten aus. Reluktanzmotoren finden Einsatz bei Hybrid-Fahrzeugen wie auch bei Industrieanwendungen und in Haushaltsgeräten. Diese Arbeit umfasst Auslegung, Optimierung sowie Konstruktion und Herstellung eines Reluktanzmotor-Prototypen. Die Optimierung des Motors erfolgt mit einer elektromagnetischen FEM-Simulation.

Ausgangslage

Die Phaseninduktivität des Reluktanzmotors hängt nicht allein vom Strom, sondern auch von der momentanen Rotorposition ab. Da die Induktivitätsänderung das Drehmoment bestimmt, ist die Geometrie von Stator- und Rotorpol beim Reluktanzmotor von besonderer Bedeutung. Durch die magnetische Sättigung im Material ergeben sich nichtlineare Zusammenhänge. Präzise berechnet werden kann das Motoren-Drehmoment nur mit einer Simulation, die elektromagnetische Felder, magnetischer Fluss und damit die Induktivität iterativ berechnet. FEM-Simulationen sind elementar für die Auslegung und Optimierung von Reluktanzmotoren.

Ziel

In dieser Arbeit wird mittels FEM-Programm ein Reluktanzmotor in Bezug auf das statische Drehmoment optimiert. Dabei gilt es, sich widersprechende Kriterien wie minimale Verluste, möglichst hohe Leistungsdichte und minimales Drehmomentrippel zu berücksichtigen. An einem Prototypen soll die optimierte Motorengeometrie verifiziert werden. Vorgaben sind das statische Drehmoment von 0.5 Nm und die Abmessungen von 70 mm Durchmesser und 50 mm Motorenlänge.

Durchführung

Nach Einarbeitung in die Grundlagen wird das FEM-Modell schrittweise aufgebaut. Mittels Python-

Script lässt sich das elektromagnetische FEM-Programm «Flux» steuern. So erlauben automatisierte Simulationsdurchgänge eine grosse Anzahl Parameter zu variieren und zu rekombinieren. Nacheinander werden so verschiedene Motorenparameter simuliert, bis das maximale Drehmoment unter Berücksichtigung der Vorgaben und Randbedingungen gefunden ist. Anschliessend erfolgt die Konstruktion des Prototypen am CAD.

Ergebnis

Die FEM-Berechnungen veranschaulichen den Einfluss einzelner Geometrieparameter auf das statische Drehmoment. Am gefertigten Prototypen konnten Drehmoment, Induktivität und Aufwärmverhalten gemessen werden. Bedingt durch die Wicklung von Hand und Fertigungstoleranzen fällt das gemessene Drehmoment leicht tiefer aus als die simulierten Werte. Die Messungen verdeutlichen vor allem den starken Einfluss der Erwärmung. Der elektrische Widerstand nimmt im Betrieb markant zu, was die maximale Stromstärke und damit das erreichbare Drehmoment massgeblich reduziert. Gegenüber einer Motorenauslegung mit konventioneller Geometrie, steigert die optimierte Geometrie das Drehmoment um 13% und senkt die Verlustleistung bei sonst gleichen Aussenabmessungen und Randbedingungen.



Stefan Kleiner

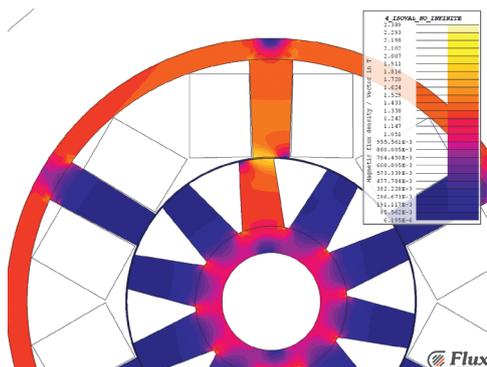


Bild 1: Simulation der magnetischen Flussdichte in Rotor und Stator



Bild 2: Montage der Stator- und Rotorbleche des Prototypen (hier noch ohne Wicklungen)