

Modellierung, Identifikation und Regelung von Elektromotoren

Andreas Liske, Christoph Rollbühler, Simon Decker, Lukas Stefanski, Mathias Brodatzki

Der steigende Bedarf an kleinen, leichten und kostengünstigen Elektromotoren im Leistungsbereich von 1 kW bis 250 kW führte in den letzten 15 Jahren zu einer stetigen Reduktion des Leistungsgewichts. Eine Konsequenz ist, dass das elektromagnetische Verhalten durch Eisen-sättigung, Kreuzverkopplung und Oberwellen stark nichtlinear wird, was die zur Erfüllung der Antriebsaufgabe benötigte Regelung der Motoren zu einer komplexen Herausforderung macht. Aus diesem Grund sind konventionelle Regelverfahren nicht im gesamten Betriebsbereich der Motoren stabil und optimal.

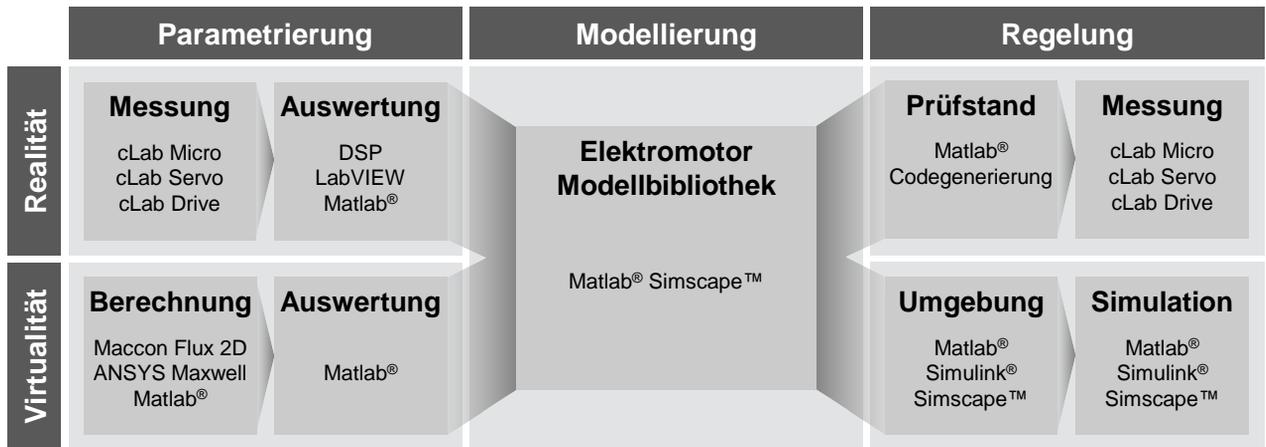


Hier setzt die Forschung im Bereich der Modellierung, Identifikation und Regelung von Elektromotoren am Elektrotechnischen Institut (ETI) an. Wissenschaftlich steht dabei das physikalische Verständnis und die Ableitung präziser Modelle von Elektromotoren im Vordergrund, die sowohl das elektromagnetische Verhalten als auch die auftretenden Verlustprozesse genau beschreiben. Die benötigten Parameter des Modells werden dabei einerseits durch Berechnungsverfahren und andererseits durch neuartige Identifikationsmethoden vorab oder während des Betriebs des Elektromotors online bestimmt. Die Anwendung des parametrisierten Modells in innovativen Regelstrukturen, die speziell für digitale Signalverarbeitungssysteme entwickelt werden, stellt dann den stabilen und optimalen Betrieb der Elektromotoren im gesamten Betriebsbereich sicher. Dadurch werden höchste dynamische Ansprüche erfüllt und die Kontrolle von Oberschwingungen sowie die Beeinflussung der Motorgeräusche möglich.

	cLab Micro	cLab SiC	cLab Servo	cLab Drive 1/2
P_N	1 kW	25 kW	25 kW	100 kW
U_N	60 V	400 V	400 V	400 V
I_{max}	80 A	40 A	40 A	500 A
$f_{T,max}$	50 kHz	40 kHz	20 kHz	16 kHz

Zur Durchführung experimenteller Arbeiten stehen am ETI speziell für die Identifikation und Regelung von Elektromotoren drei Prüfstände unterschiedlicher Leistungsklasse dauerhaft zur Verfügung. Die Prüfstände wurden vollständig am ETI entwickelt: Dies beinhaltet die Leistungsteile zur Ansteuerung, die einheitliche digitale Signalverarbeitung mit modernen DSP-Systemen sowie die erforderliche Messtechnik. Sämtliche Mess- und Zustandsgrößen des Prüfstands können in Echtzeit analysiert, beobachtet und zur Regelung verwendet werden. Die Programmierung des Prüfstands

erfolgt über die Matlab® Simulink® Codegenerierung. So wird sichergestellt, dass für Simulationen und Messungen stets die identische Codebasis verwendet wird, was die Validierung der entwickelten Modelle und Verfahren ermöglicht. Beliebige komplexe Messabläufe lassen sich in LabVIEW als Messroutinen erstellen und mit dem Prüfstand automatisiert durchführen. Damit ist in den angegebenen Leistungsbereichen eine umfassende Parametrierung, Validierung und Erprobung problemlos möglich.



Auf diesem Weg konnte für einen Elektromotor mit einer Maximalleistung von 97 kW mit einem neuartigen Regelverfahren nachgewiesen werden, dass sich das Maximaldrehmoment bei halber Nenndrehzahl um 440 Nm in nur 1,5 ms umkehren lässt. Auch der stationäre Betrieb ist maßgeblich verbessert, da die Einflüsse der Spannungsfehler und Oberwellen der Maschine im Reglerentwurf berücksichtigt werden. Nur so gelingt es im Nennpunkt den THD-Wert des Stroms auf 0,28 % zu reduzieren, was weniger als ein Siebtel des unkompenzierten Wertes ist.

Aktuelle Forschung findet in allen drei Teilbereichen, der Modellbildung, Parameteridentifikation und Regelung von Elektromotoren statt, wobei der Schwerpunkt auf permanentmagneterregten Synchronmaschinen liegt. So werden die Verlustprozesse der Maschinen detailliert modelliert und durch die Kombination verschiedener Prüfverfahren messtechnisch betriebspunktabhängig separiert. Ein weiterer Schwerpunkt sind selbstlernende Regelverfahren, die selbst bei starken Nichtlinearitäten alle zur Regelung und Diagnose des Elektromotors erforderlichen Parameter online während des Betriebs identifizieren.

