

Forschungsberichte Elektrische Antriebstechnik und Aktorik

Band 9

**Ulf Kreuzer**

**Ein Beitrag zur Regelung elektrischer Maschinen  
mittels der Sliding-Mode-Methodik**

Shaker Verlag  
Aachen 2011

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: München, Univ. der Bundeswehr, Diss., 2011

Copyright Shaker Verlag 2011

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0280-5

ISSN 1863-0707

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

Ein Beitrag zur Regelung elektrischer Maschinen mittels der Sliding-Mode-Methodik  
Dissertation von Dipl.-Ing. Ulf kreutzer

Der „Beitrag zur Regelung elektrischer Maschinen mittels der Sliding-Mode Regelung“ stellt verschiedene Ansätze zur Regelung elektrischer Maschinen mittels der Sliding-Mode-Regelung vor. Die vorgestellten Ansätze werden dabei mittels typischen Problemstellungen der elektrischen Antriebstechnik getestet und anhand verschiedener Kriterien bewertet.

Sliding-Mode Regelung (SMR) ist eine Unterart der strukturvariablen Regelung, die sich dadurch auszeichnet, dass die Stellgröße nach einer zustandsabhängigen Schaltlogik diskontinuierlich verändert wird. Die klassischen Vorteile der SMR sind eine hohe Robustheit gegenüber externen Störungen und Modellungenauigkeiten, sowie eine hohe Dynamik des geschlossenen Kreises, die mit dem wesentlichen Nachteil des hochfrequenten Schaltens des Stellglieds verbunden sind.

Ziel der Arbeit ist es, den wesentlichen Nachteil der SMR von ihren Vorteilen zumindest teilweise zu entkoppeln. Dazu werden zwei Methoden gezeigt, die unabhängig oder in Kombination miteinander das Schalten des Stellglieds reduzieren, dabei aber die Dynamik des geschlossenen Kreises erhöhen und die Robustheit erhalten.

Zum Einsatz kommen zu diesem Zweck eine variable, fehlerabhängige Amplitude der SMR, die sich über eine nichtlineare Sättigungsfunktion ergibt, und eine Kombination aus modellbasierter Vorsteuerung und schaltender Regelung, die die Kombination bewährter linearer Verfahren und schaltender Regler ermöglicht.

Die Arbeit setzt dabei zwei inhaltliche Schwerpunkte. Zum Einen werden die Grundlagen vermittelt, derer sich die vorgestellten Ansätze bedienen, zum Anderen wird der Funktionsnachweis der Regelungen mittels Simulationen und Messungen für eine große Bandbreite verschiedener Modelle geführt.

Die dargestellten Grundlagen umfassen neben der Theorie von Lyapunov auch die Theorie der „modell-reference-adaptive-systems“ (mras) und die der Sliding-Mode Regelung. Die Theorie von Lyapunov dient zum Stabilitätsnachweis nichtlinearer Systeme, während Modell-referenzierend-adaptive Systeme ihre Verstärkungen zustandsabhängig einem vorgegebenen Modell nachführen.

Die Funktionsnachweise der vorgestellten Regelungen decken ein relativ umfassendes Gebiet der elektrischen Antriebstechnik ab, wobei die Modelle der geregelten Maschinen sowohl in ihrer Ordnung als auch in ihrer Linearität variieren. Die Modellpalette umfaßt in der Arbeit permanent-erregte Gleichstrommaschinen, die als nichtlineares System erster und lineares System zweiter Ordnung beschrieben werden, als auch Synchronmaschinen (System dritter Ordnung) und Asynchronmaschinen (System vierter Ordnung).

Die Arbeit liefert für die vorgeschlagenen Regelungen dabei keine Stabilitätsnachweise im klassischen Sinn, sondern führt den Tauglichkeitsnachweis über die Diskussion der verschiedenen Zeitverläufe, die sich aus den Simulationen und Messungen ergeben. Die Regelungen werden dabei auch hinsichtlich ihres Entwurfsaufwands klassischen und höher entwickelten Verfahren gegenüber gestellt und kritisch bewertet.

Die Arbeit gliedert sich in sieben Kapitel. Die Einleitung gibt den obligatorischen Überblick und definiert die Ziele der Arbeit, während der Prolog als zweites Kapitel die Entstehungsidee der Arbeit kurz umfaßt. Das dritte Kapitel liefert die Grundlagen zur Theorie von Lyapunov und zu den modell-reference-adaptive-systems. Kapitel vier gibt eine umfassende Einführung in das Verständnis der Sliding-Mode Regelung. In den Kapitel fünf, sechs und sieben werden die vorgeschlagenen Methoden anhand der oben genannten Fälle diskutiert. Im siebten Kapitel werden die Arbeit und die gewonnenen Erkenntnisse zusammengefaßt.

„Ein Beitrag zur Regelung elektrischer Maschinen“ stellt zwei kombinierbare Möglichkeiten vor, die SMR effektiv und wirkungsvoll einzusetzen und bietet aufgrund der Vielzahl von betrachteten Problemstellungen die Möglichkeit, die Reglerauswahl technisch-anschaulich nachvollziehbar zu machen.