

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

Von der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
der Universität der Bundeswehr München

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktor-Ingenieur
(Dr.-Ing.)

genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Ulf Kreuzer



Neubiberg

2011

Prüfungsvorsitzender:	Prof. Dr. rer. nat. habil. Claus Hillermeier
1. Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling
2. Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Johann Reger
Tag der Promotion:	02.03.2011

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 • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist während meiner Zeit am Institut für Elektrische Antriebstechnik und Aktorik der Universität der Bundeswehr München vom April 2007 bis Ende September 2010 entstanden.

Besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling für die familiäre und konstruktive Arbeitsatmosphäre am Institut, die zweite Chance und meinen Aufenthalt an der University of Wisconsin Madison. Vielen Dank für dreieinhalb gute und lehrreiche Jahre am EAA.

Herrn Prof. Dr. rer.-nat. habil. Claus Hillermeier danke ich für das Übernehmen des Prüfungsvorsitzes.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Johann Reger danke ich für die Durchsicht meiner Arbeit und die Mitberichterstattung als zweiter Berichtersteller.

Meinen EAA-Kollegen gilt der Dank für die entspannte Atmosphäre am Institut, für ihre Hilfsbereitschaft bei Problem und ihrer Geduld gilt der besondere Dank Herrn Dr.-Ing. Benno Lange (Laborleiter) und Herrn Dr.-Ing. Harald Hofmann (Systemadministrator).

Olli, Lukas und Thimo danke ich dafür, mich jederzeit moralisch und fachlich unterstützt zu haben. Ohne Euch wär's nicht gegangen.

Gewidmet meiner Familie.

ulf kreutzer

"Das Leben ist krass nichtlinear"[Fö194]

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Prolog	4
3	Grundlagen	6
3.1	Die Direkte Methode von Lyapunov	6
3.2	Modell-Referenz Verfahren	17
3.3	Zusammenfassung	26
4	Sliding-Mode Regelung	27
4.1	Grundlegende Idee der Sliding-Mode Regelung	27
4.2	Eigenschaften der Sliding-Mode Regelung	40
4.3	Literaturübersicht	49
4.4	SMR mit selbsteinstellender Schalthöhe	53
4.5	SMR mit Vorsteuerung	57
4.6	Zusammenfassung	61
5	Drehzahlregelung von elektrischen Maschinen	63
5.1	Dynamisches Modell einer Gleichstrommaschine	64
5.2	SMR-Drehzahlregelung des Quanser-Motors	66
5.3	SMR-Drehzahlregelung des Jomo-Motors	81
5.4	Drehzahlregelung einer Asynchronmaschine	93
5.5	Zusammenfassung	113

6 Entwurf einer Lastregelung	116
6.1 Modellierung des Prüfstands	117
6.2 Auslegung der SMR-Folgeregelung	131
6.3 Zusammenfassung	135
7 Zusammenfassung und Schluß	137
A Modellparameter	144
A.1 Asynchromaschinen-Modelle	144
A.2 Jomo-Modelle	145
B Erläuterungen zum H_∞-Reglerentwurf	146
C Formelzeichen und Indizes	149
C.1 Auflistung der verwendeten Formelzeichen	149
C.2 Auflistung der verwendeten Indizes und Hochstellungen	152