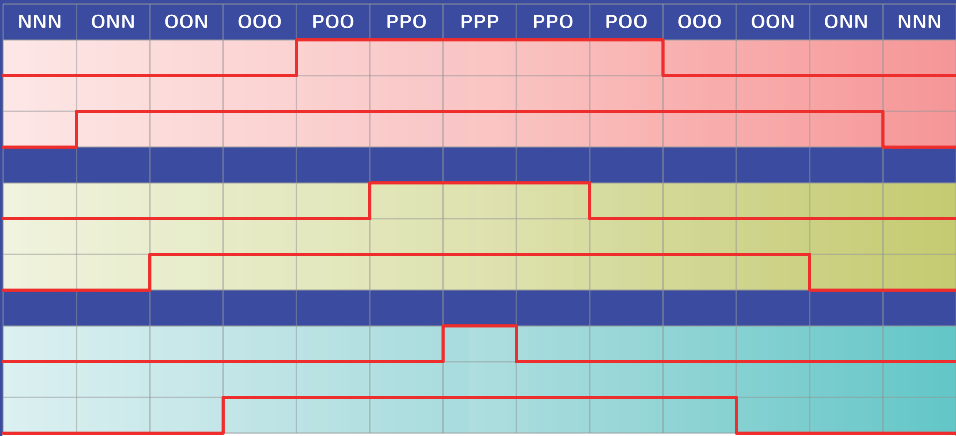
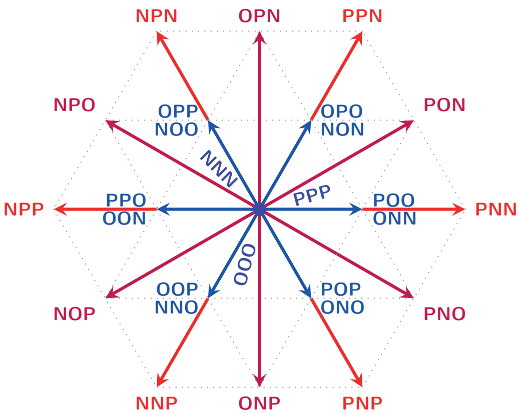


Xinbo Cai

Optimum Control of Electrical Drives and Power Converters

Computational Efficient Optimum Control for Three-Level-Inverters with DC-link Capacitance Balancing



SHAKER VERLAG

Lehrstuhl für Elektrische Antriebssysteme und Leistungselektronik
der Technischen Universität München

Computational Efficient Optimum Control for Three-Level-Inverters with DC-link Capacitance Balancing

Xinbo Cai

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Georg Sigl
Prüfer der Dissertation:

1. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Ralph Kennel
2. Prof. Dianguo Xu, Ph.D.

Die Dissertation wurde am 18.06.2018 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik am 07.12.2018 angenommen.

Berichte aus der Elektronik

Xinbo Cai

Optimum Control of Electrical Drives and Power Converters

Computational Efficient Optimum Control for
Three-Level-Inverters with DC-link Capacitance Balancing

Shaker Verlag
Düren 2021

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at http://dnb.d-nb.de.

Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2019

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-7981-4
ISSN 1436-3801

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren
Phone: 0049/2421/99011-0 • Telefax: 0049/2421/99011-9
Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

I have a personal philosophy in life: If somebody else can do something that I'm doing, they should do it. And what I want to do is find things that would represent a unique contribution to the world - the contribution that only I, and my portfolio of talents, can make happen. Those are my priorities in life.

Neil deGrasse Tyson (1958-)

Acknowledgment

The research work in this dissertation has been carried out during the years 2014-2017 at the Institute for Electrical Drive Systems and Power Electronics (EAL), Technische Universität München (TUM).

First of all, I would like to thank my supervisor, Prof. Dr-Ing. Ralph Kennel, for all his inspiring guidance, constant encouragement, and support during my study. I really appreciated the freedom during all the stages of my work.

I would also like to thank Prof. Dr.Ing Dianguo Xu, one of the most respectable specialists in the field of power electronics and drives for reviewing and co-examining my dissertation.

An extraordinary gratitude goes out to Shanghai STEP Electric Corporation. In particular, I would like to thank Mr. Defa Ji, the chief executive officer (CEO) of the company, not only for providing the funding which allowed me to undertake this research but also for giving me the opportunity to study abroad.

I also had very fruitful discussions and collaborations with many of my colleagues at EAL, which made my work possible and pleasant. I would especially like to thank Dr.-Ing Zhenbin Zhang with whom I worked closely and published several papers. Many thanks to Mr. Dietmar Schuster for his help in my constructing process of the testbench. Those people, such as Dr.-Ing. Fengxiang Wang, Dr.-Ing. Zhe Chen, Hui Sun, Darshan Manoharan, Guangye Si, Hui Fang, Junxiao Wang, Wei Tian, Xiaonan Gao, Xicai Liu, etc., also deserve thanks for helping me.

The partial financial support of the China scholarship council (CSC) is gratefully acknowledged.

Thanks to all my family for their support.

Munich, Germany
Tuesday 17$^{\text{th}}$ April, 2018

Xinbo Cai

Abstract

This work belongs to the optimization of control methods for power converters and electrical drives. Main contributions are as follows: an analytical solution of both continuous and discrete optimum control for power converters and drives is given, focusing on computational efficiency and enhanced performance; a new DC-link voltage balancing method using the deadbeat control concept for three-level neutral point clamped converters is proposed, which is suitable for the control applications using space vector modulation; a simple and effective neutral-point voltage balancing technique is proposed within the model predictive control framework for three-level neutral point clamped converters, which decouples the neutral point voltage balance control and targets current tracking; a fixed gain filter is proposed to estimate the position, velocity, and acceleration in angular motion, with computational efficiency and less tuning effort.

***Index Terms*— Optimum control, predictive control, fixed gain filter, current control, power converters, electrical drives.**

Zusammenfassung

Diese Arbeit befasst sich mit der Optimierung von Regelungsverfahren für Stromrichter und elektrische Antriebe. Die wesentlichen Beiträge der Dissertation sind folgende: Eine analytische Betrachtung von kontinuierlichen als auch diskreten optimalen Regelungen für Stromrichter und Antriebe; dabei wird trotz deutlich reduzierter Rechenleistung ein verbessertes Regelungsergebnis erzielt. Ein neues Konzept zur Regelung der Zwischenkreismittelpunktspannung für Dreipunkt-NPC-Umrichter wird auf Basis eines Deadbeat-Algorithmus vorgeschlagen; dieser Ansatz ist für Regelungen mit Raumzeigemodulation (PWM) geeignet. Weiterhin wird eine einfache und trotzdem wirkungsvolle Regelung der Zwischenkreismittelpunktspannung nach dem Konzept der modelprädiktiven Regelung vorgeschlagen. Dieser Ansatz ermöglicht die Entkopplung von Mittelpunktspannung und Statorströmen. Ein Filter mit konstanten Parametern wird vorgeschlagen, um die Position, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung der Rotationsbewegung abzuschätzen. Dieser Ansatz benötigt weniger Rechenleistung und verringert somit den Verarbeitungsaufwand.

Index Terms— **Optimale Steuerung, prädiktive Regelung, Filter mit konstanter parameter, Aktuelle Kontrolle, Stromrichter, Elektrische Antriebs.**

Contents