

Berichte aus dem Fachgebiet Leistungselektronik und
Elektrische Antriebstechnik

Band 3

Christoph Romaus

**Selbstopimierende Betriebsstrategien für ein
hybrides Energiespeichersystem aus Batterien
und Doppelschichtkondensatoren**

D 466 (Diss. Universität Paderborn)

Shaker Verlag
Aachen 2013

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.: Paderborn, Univ., Diss., 2013

Copyright Shaker Verlag 2013

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2065-6

ISSN 1862-3492

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

Dissertation: Selbstoptimierende Betriebsstrategien für ein hybrides Energiespeichersystem aus Batterien und Doppelschichtkondensatoren

von Dipl.-Ing. Christoph Romaus

Spitzenleistung, Reichweite und Effizienz sind entscheidende Kriterien für die Auswahl des Energiespeichers in der Elektromobilität. Die Kombination von Batterien mit hoher Energiedichte und Doppelschichtkondensatoren mit hoher Leistungsdichte und Zyklenfestigkeit zu einem hybriden Energiespeichersystem erfüllt diese Anforderungen ausgezeichnet.

Durch die Hybridisierung ergeben sich Freiheitsgrade und somit Optimierungspotenziale hinsichtlich der Systemstruktur, der Bemessung der Komponenten und insbesondere des Entwurfs von Betriebsstrategien für die Leistungsaufteilung auf die beiden Energiespeicher. Anhand der Anwendungsbeispiele des autonomen Schienenverkehrssystems RailCab mit exakt präzifizierbaren Leistungsprofilen und eines Elektrostraßenfahrzeugs mit stochastisch geprägten Fahrspielen werden Methoden zur Nutzung dieser Freiheitsgrade vorgestellt und bewertet.

Die Struktur des hybriden Energiespeichersystems wird über einen technischen Vergleich verschiedener Alternativen festgelegt. Eine parallele Anbindung beider Speicher an das Bordnetz über einen eigenen Leistungssteller stellt die vorteilhafteste Variante für die betrachteten Anwendungen dar.

Die Bemessung der Komponenten erfolgt für das RailCab heuristisch, für das Elektrofahrzeug über eine Parameterstudie diskreter Speicherauslegungen und die Berechnung optimaler Strategien anhand typischer Fahrspiele. In beiden Fällen kann das Gewicht des Energiespeichers durch Hybridisierung um mindestens 30% reduziert und gleichzeitig die Leistungsdichte signifikant um 70–230% gesteigert werden.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Entwicklung intelligenter Betriebsstrategien auf Basis mathematischer Mehrzieloptimierungsverfahren unter variablen Betriebsbedingungen. Es werden optimale und stochastische Ansätze untersucht.

Für das Energiespeichersystem sind mehrere Zielfunktionen situationsabhängig relevant. Die flexible Auswahl einer optimalen Zielausprägung erfolgt zur Laufzeit über das im Sonderforschungsbereich 614 entwickelte Konzept der Selbstoptimierung. Die hiermit bestimmten selbstoptimierenden Betriebsstrategien erreichen eine Ergebnisqualität, die deutlich über die Qualität klassischer Strategien mit statischem Zielsystem hinausgeht. Dies wird anhand der Anwendungsbeispiele gezeigt, bei denen zum einen durch Aufbau einer Reserve für Spitzenleistung unvorhergesehene bzw. kritische Fahrsituationen sicher bewältigt werden, während auf unkritischen Fahrprofilen eine hohe Effizienz und eine Verlustreduktion von bis zu 40% gegenüber einem reinen Batteriesystem erzielt werden.