

Berichte aus dem Institut für Elektrische Maschinen und Antriebe

Band 11

**Tobias Kolb**

**Kompaktumrichter mit kapazitätsarmem  
Zwischenkreis zur baulichen Integration  
in ein Elektrowerkzeug**

D 93 (Diss. Universität Stuttgart)

Shaker Verlag  
Aachen 2004

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

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

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2003

Copyright Shaker Verlag 2004

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-2898-5

ISSN 1431-9888

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) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Zusammenfassung

Elektrowerkzeuge stellen im produzierenden Gewerbe ein wichtiges Hilfsmittel in Bearbeitung und Montage dar. Werden besondere Anforderungen an die Standfestigkeit und Wartungsarmut der verwendeten Elektrowerkzeuge gestellt, wie dies z.B. für Winkelschleifer im Stahlbau und in Gießereien der Fall ist, kommen wartungsarme, professionelle Ausführungen mit bürstenloser Asynchronmaschine zum Einsatz. Nachteilig bei dieser Gattung von Elektrowerkzeugen ist die Abhängigkeit der Drehzahl von der Frequenz des speisenden Drehspannungsnetzes. Die notwendige Installation eines Inselnetzes mit erhöhter Speisefrequenz verhindert zudem eine weitere Verbreitung dieser daher als Hochfrequenz- oder Schnelfrequenz-Elektrowerkzeuge bezeichneten Elektrowerkzeuggattung. Die Bindung an ein Inselnetz mit fester Frequenz steht einer Heraufsetzung der Drehzahl, die bei den mehrheitlich verwendeten, universalmotorgetriebenen Elektrowerkzeugen einfach durch die Einstellung der Ankerspannung bzw. die Anpassung der Wicklung an die jeweils vorhandene Netzspannung möglich ist, entgegen. Seit der Verfügbarkeit kostengünstiger Kompaktumrichter ist eine alternative Speisung von Hochfrequenzelektrowerkzeugen aus solchen Kompaktumrichtern denkbar. Die logische Konsequenz daraus ist die Speisung durch einen baulich ins Gehäuse des Elektrowerkzeugs integrierten Kompaktumrichter, der speziell auf den Einsatz im Elektrowerkzeug zugeschnitten ist. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde ein entsprechender Umrichter entwickelt. Der Leistungsteil, der im wesentlichen für zusätzliche thermische Verluste im Elektrowerkzeug verantwortlich ist, wurde dabei baulich in ein modifiziertes Gehäuse eines bestehenden Hochfrequenz-Elektrowerkzeugs integriert.

Im einführenden Teil der Arbeit wird der Unterschied in der Ausnutzung der zwei hauptsächlich für den Antrieb von Elektrowerkzeugen verwendeten Maschinenarten, Universalmaschine und Asynchronmaschine mit Käfigläufer, gegenübergestellt. Aus diesem Vergleich leitet sich im folgenden die Motivation einer Speisefrequenzerhöhung für asynchronmaschinengetriebene Elektrowerkzeuge ab, um im Vergleich mit universalmotorgetriebenen Elektrowerkzeugen in Bezug auf das spezifische Leistungsgewicht weiterhin konkurrenzfähig bleiben zu können.

In einem weiteren Teil werden Möglichkeiten und Problemfelder, die sich bei einer Speisung eines mit einer bürstenlosen Antriebsmaschine angetriebenen Elektrowerkzeugs durch einen baulich ins Gehäuse des Elektrowerkzeuges integrierten Kompaktumrichter ergeben, näher beleuchtet. Dabei werden einzelne Umrichterkomponenten dahingehend betrachtet, welchen Modifikationen sie bei einem Einbau in ein Elektrowerkzeug zu unterziehen sind.

Im betrachteten Leistungsbereich kommen fast ausschließlich sogenannte Spannungs-Zwischenkreis-Umrichter zum Einsatz. Bei konventioneller Ausführung dieser Umrichter-topologie wird die gleichgerichtete Netzspannung mittels eines Glättungskondensators, dem sog. Zwischenkreiskondensator, geglättet. Die dafür verwendeten Elektrolytkondensatoren sind voluminös und teuer. Aus diesem Grund wurde ein modifiziertes pulswertenmoduliertes Steuerverfahren entwickelt, das trotz ungeglätteter Zwischenkreisspannung einen konstanten Leistungsfluß zur Last sicherstellt.

Um die Auswirkungen der ungeglätteten Zwischenkreisspannung und des vorgestellten Steuerverfahrens auf die verwendete Asynchronmaschine beurteilen zu können, wurden verschiedene Messungen durchgeführt. Dabei wurden die Strangströme der Maschine gemessen und eine Spektralanalyse der Strangströme durchgeführt. Als Vergleichsmessung diente dabei der Betrieb der Versuchsmaschine an einem klassischen rotierenden Umformer, der dem Spektrum der Maschinenstrangströme außer der Grundschiwingung keine meßbaren Harmonischen hinzufügt. Bei einem Betrieb der Versuchsmaschine am Umrichter mit weitgehend ideal geglätteter Zwischenkreisspannung werden dem Spektrum der Maschinenstrangströme durch das verwendete Puls-Weiten-Modulations-

Steuerverfahren (PWM) weitere Harmonische hinzugefügt. Bei Betrieb am Umrichter mit weitgehend ungeglätteter Zwischenkreisspannung können nun die durch das PWM-Steuerverfahren und die durch die ungeglättete Zwischenkreisspannung verursachten Frequenzanteile im Spektrum der Maschinenstrangströme unterschieden werden. Messungen mit weitgehend ungeglätteter Zwischenkreisspannung und aktiviertem Korrektursteuerverfahren bestätigen die Wirksamkeit des entwickelten Korrektursteuerverfahrens. Das Verfahren bleibt dabei nicht auf einen Einsatz im Elektrowerkzeug beschränkt, sondern es kann prinzipiell bei jeder über einen Spannungs-Zwischenkreis-Umrichter mit kapazitätsarmem oder schlankem Zwischenkreis gespeisten, bürstenlosen Maschine zur Reduzierung der durch eine weitgehend ungeglättete Zwischenkreisspannung verursachten Drehmomentenwelligkeit Anwendung finden.

Im letzten Teil der Arbeit wird das Betriebsverhalten einer über einen Umrichter mit nahezu ungeglätteter Zwischenkreisspannung betriebenen Asynchronmaschine näher untersucht. Der Einfluß der ungeglätteten Zwischenkreisspannung auf das umrichterausgangsseitige Maschinendrehspannungssystem wird dabei über den Ansatz einer allgemeinen Amplitudenmodulation hergeleitet. Dabei wird die erste Harmonische der Welligkeit der ungeglätteten Zwischenkreisspannung gleich dem Nutzsignal der klassischen Amplitudenmodulation der Nachrichtentechnik gesetzt. Das umrichterausgangsseitige Drehspannungssystem mit der gewünschten Grundschwingungsfrequenz, das Nutzsignal für die anzutreibende Maschine ist dabei dem Trägersignal der klassischen Amplitudenmodulation gleichzusetzen. Dieser Ansatz ermöglicht eine sehr anschauliche Deutung der Auswirkung der ungeglätteten Zwischenkreisspannung auf das Betriebsverhalten der Asynchronmaschine.

Im Ausblick wird auf die aktuelle technologische Entwicklung von kompakten Leistungshalbleitern auf Siliziumkarbid-Basis (SiC) hingewiesen, die dem vorgestellten Konzept des im Elektrowerkzeug integrierten Umrichters zu einer schnellen Serienreife verhelfen könnten.