

Berichte aus dem Institut für Elektrische Maschinen und Antriebe

Band 7

Volker Bosch

**Elektronisch kommutiertes
Einzelspindelantriebssystem**

D 93 (Diss. Universität Stuttgart)

Shaker Verlag
Aachen 2001

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Bosch, Volker:

Elektronisch kommutiertes Einzelspindeltriebssystem/

Volker Bosch. Aachen : Shaker, 2001

(Berichte aus dem Institut für Elektrische Maschinen und Antriebe ; Bd. 7)

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2001

ISBN 3-8265-8587-9

Copyright Shaker Verlag 2001

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

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-8587-9

ISSN 1431-9888

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Einzelspindeltriebssystem für eine Textilmaschine mit einer Abgabeleistung von 1000 W vorgestellt. Dieses soll die bisher gebräuchlichen Einzelspindeltriebe ersetzen, welche aus Asynchronmaschinen bestehen, die an einem *gemeinsamen* Zentralumrichter betrieben werden. Das Antriebssystem besteht im Wesentlichen aus einer permanentmagnetisch erregten Drehstrommaschine, die im Aufbau einer dreiphasigen Synchronmaschine ohne Dämpferkäfig entspricht, kombiniert mit einem pulsweitenmodulierten Umrichter. Dieser Gleichspannungszwischenkreis-Umrichter kommutiert die Maschine in Abhängigkeit von ihrer Läuferlage. Da der Durchflutungswinkel durch die Umrichtersteuerung bestimmt wird, zeigt der Antrieb das Verhalten einer Gleichstrom-Nebenschlussmaschine.

Die Erfassung der Läuferlage erfolgt sensorlos, mittels Detektierung der dritten Oberschwingung der Polradspannung. Dieses Signal kann mit sehr geringem Aufwand zwischen den Klemmen der Maschine und dem Maschinensternpunkt abgegriffen werden. Aus diesem Signal können durch Detektierung der Nulldurchgänge sechs Kommutierungszeitpunkte ermittelt werden. Der Umrichter kann somit lediglich 120° breite Blöcke konstanter Spannung an die Maschine anlegen, da die Erzeugung anderer Spannungsformen, wie Trapez oder Sinuskurve, feiner auflösende Lagegeber erfordert.

Obwohl der Antrieb das Betriebsverhalten einer Gleichstrom-Nebenschlussmaschine zeigt, muss für die Vorausberechnung der Maschine in jedem Fall die Theorie der Synchronmaschine herangezogen werden. Da es derzeit wenig Fachliteratur zur Berechnung permanentmagnetisch erregter Drehstrom-Synchronmaschinen gibt, ist der zur Vorausberechnung der Maschine verwendete Formelsatz im Anhang B angegeben. Anhand dieser Formeln wurde eine Versuchsausführung der Maschine konstruiert und gefertigt. Auch der zugehörige Umrichter wurde als Versuchsanlage aufgebaut.

Die Maschine wurde aus Kostengründen mit Oberflächenmagneten auf dem Rotorjoch ausgerüstet. Aufgrund des magnetisch rotationssymmetrischen Aufbaus des Rotors zeigt die Maschine an den Klemmen das Verhalten einer Vollpolsynchronmaschine. Um einen hohen Wirkungsgrad zu erzielen, ist das Statoreisen der Maschine nur sehr gering ausgenutzt und somit weitgehend ungesättigt. Aufgrund der daraus resultierenden linearen Verhältnisse kann das sehr einfache polradspannungsbasierte Modell der Synchronmaschine zur Voraus-

berechnung des Betriebsverhaltens der permanentmagnetisch erregten Drehstrommaschine am pulsweitenmodulierten Umrichter benutzt werden.

Für die Untersuchung des Betriebsverhaltens wird der Kommutierungsvorgang der permanentmagnetisch erregten Drehstrommaschine am Umrichter genauer betrachtet. Es zeigt sich, dass die Maschine einen lastabhängigen Polradwinkel aufweist, der mit verhältnismäßig geringem Aufwand detektiert werden kann und für die Regelung bzw. Überwachung des Antriebs verwendbar ist. Ermöglicht wird dieses Verhalten durch den Umrichter, der lediglich 120°-Spannungsblöcke auf die Maschine schaltet. Zwischen zweien dieser Spannungsblöcke wird der Maschine keine Klemmenspannung aufgezwungen. Aufgrund der Freilaufströme des Kommutierungsvorgangs verschiebt sich die Grundschwingung der Klemmenspannung in Abhängigkeit von der Belastung des Antriebs.

Die Einstellung der Drehzahl des Antriebs erfolgt über die Pulsweitenmodulation der Umrichterbrücke. Durch Anwendung eines geeigneten Modulationsverfahrens wird ein Vierquadrantenbetrieb der Maschine ermöglicht. Im generatorischen Bremsbetrieb speist die Maschine Leistung in den Zwischenkreis zurück.

Ein magnetisch nicht rotationssymmetrischer Rotor würde die Phasenlage der dritten Oberschwingung in der induzierten Spannung der Maschine beeinflussen. Diese Phasenverschiebung wird vom Querachsenstrom I_q verursacht und ist somit lastabhängig. Da die Kommutierungszeitpunkte des Umrichters aus der dritten Oberschwingung der Klemmenspannung abgeleitet werden, kann das Betriebsverhalten des Antriebs bei entsprechender Gestaltung des Rotors beeinflusst werden.

Abschließende Messungen zeigten, dass die hier aufgebaute Versuchsmaschine des Einzelspindeltriebs sehr hohe Wirkungsgrade erzielt. Auch in Bezug auf die Herstellungskosten kann der hier entworfene elektronisch kommutierte Einzelspindeltrieb mit der heute üblichen Kombination aus einem Zentralumrichter und zahlreichen Asynchronmaschinen konkurrieren. Darüber hinaus werden mehrere Hinweise für die Kostenoptimierung der Maschine in der Serienfertigung gegeben.