



Doctoral Thesis

Comparative evaluation of three-phase Si and SiC AC-AC converter systems

Author(s):

Friedli, Thomas

Publication Date:

2010

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006414218> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 19194

Comparative Evaluation of Three-Phase Si and SiC AC-AC Converter Systems

A dissertation submitted to
ETH ZURICH

for the degree of
DOCTOR OF SCIENCES

presented by
THOMAS FRIEDLI
Dipl.-Ing., M.Sc. ETH Zurich
born 27th February 1979
citizen of Seeberg, Switzerland

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Johann W. Kolar, examiner
Prof. Dr. Robert D. Lorenz, co-examiner

2010

Abstract

In academia, for more than thirty years, Matrix Converters have been considered as one of the future converter concepts for variable speed drives for industry and more recently also for More Electric Aircraft or renewable energy applications. However, despite intensive research for the last decades, Matrix Converters have until now only achieved low market penetration. In industry, the most widely used bidirectional, low-voltage ac-ac converter topology is the two-level Voltage Source Back-to-Back Converter.

The main objective of this PhD thesis is to derive and investigate the key criteria required for a systematic comparative evaluation of ac-ac converter systems. Based on a suggested set of criteria, a comprehensive comparison of the Voltage Source Back-to-Back Converter, the Current Source Back-to-Back Converter, the Indirect Matrix Converter, and the Conventional (direct) Matrix Converter is performed for a 15 kW permanent magnet synchronous motor drive.

The comparison involves the investigation of the required silicon chip area for a defined maximum admissible thermal loading of the power semiconductors, the passive components including the EMI input filter, the total losses and achievable efficiency, and a prediction of the resulting converter volume. A particular focus is on the experimental investigation and performance analysis of normally-on SiC JFET prototype devices, which are close to commercialization.

With this comparative evaluation, a systematic procedure is presented that ultimately enables to identify advantageous application areas of the considered converter topologies.

Kurzfassung

Seit nunmehr dreissig Jahren wird der Matrixumrichter in der akademischen Gemeinschaft intensiv erforscht und als eine vielversprechende Schaltungstopologie für zukünftige effiziente und kompakte Antriebssysteme für Industrie- und Luftfahrtanwendungen diskutiert. Trotz intensiver Forschung konnte sich der Matrixumrichter in kommerziellen Antriebssystemen bisher jedoch nicht etablieren. Der industriell am weitesten verbreitete bidirektionale dreiphasige Umrichter für Niederspannungsantriebe ist der Zweipunkt-Spannungszwischenkreisumrichter.

Das Hauptziel dieser Dissertation liegt im Eruiieren und Herleiten verschiedener Schlüsselkriterien und Vergleichsmethoden und dem anschliessenden Durchführen einer systematischen und ganzheitlichen Bewertung verschiedener dreiphasiger Umrichtersysteme. Basierend auf den gefundenen Bewertungskriterien wird ein umfassender Vergleich zwischen dem Spannungs- und Stromzwischenkreisumrichter, dem Indirekten Matrixumrichter und dem Direkten Matrixumrichter zur Speisung eines 15 kW Antriebs mit einer Permanentmagnet-Synchronmaschine präsentiert. Der Vergleich umfasst die Bestimmung der benötigten Chipfläche der Leistungshalbleiter für einen gegebenen Arbeitspunkt, die Prädiktion der leitungsgebundenen elektromagnetischen Störaussendung, die Modellierung der passiven Komponenten einschliesslich des EMV Eingangsfilters, die Berechnung des erreichbaren Gesamtwirkungsgrads und die Vorhersage des resultierenden Umrichtervolumens. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf die Untersuchung von selbstleitenden SiC JFET-Prototypenhalbleitern gelegt, welche kurz vor der Markteinführung stehen und einer vergleichenden Bewertung mit Si IGBTs neuester Generation. Verschiedene Hardwareprototypen wurden implementiert, um das Betriebsverhalten der betrachteten Umrichter experimentell zu untersuchen und die Modelle zu parametrieren und zu ver-

ifizieren. Mit dieser Vergleichsstudie wird ein systematisches Verfahren aufgezeigt, welches ermöglicht, die Anwendungsfelder der untersuchten Umrichterkonzepte zu bestimmen und analytisch zu beschreiben. Damit wird implizit die Basis für eine technisch-kommerzielle Bewertung verschiedener Schaltungstopologien und Komponententechnologien für Umrichtersysteme gelegt.