

**Universität  
Rostock**



Traditio et Innovatio

# **High-Power Hybrid Si/SiC Active Neutral Point Clamped Converter**

**Dissertation to obtain the degree of Doctor of Engineering (Dr.-Ing) from  
the Faculty of Computer Science and Electrical Engineering at the  
University of Rostock**

Submitted by:

Pham Ha Trieu, To, born on 27.03.1986 in Can Tho, Vietnam

from Rostock.

Rostock, 27.03.2024

## Zusammenfassung

Wechselrichter mit geringer Ausgangsstromwelligkeit sind für viele Anwendungen erforderlich. Herkömmliche IGBT-basierte Zwei-Pegel-Wechselrichter benötigen in der Regel einen sperrigen LCL-Filter am Ausgang, um die hochfrequenten Oberwellen zu unterdrücken. Das Volumen des Filters kann erheblich reduziert werden, wenn ein dreistufiger Wechselrichter verwendet wird, und noch besser, wenn er mit hoher Frequenz geschaltet wird. Der hybride Si/SiC-Active Neutral Point Clamped (ANPC)-Wechselrichter ist eine ideale Option für diese Lösung. Dank der Flexibilität verschiedener Schaltschemata ist ANPC in der Lage, die schnell schaltenden Bauelemente auf SiC-MOSFETs und die langsam schaltenden Bauelemente auf Si-IGBTs zu verlagern. Auf diese Weise werden die Schaltverluste bei hoher Schaltfrequenz stark reduziert. Die Lösung ist nicht neu für Anwendungen mit geringem Stromverbrauch, bei denen alle Schalter als diskrete Bauelemente auf einer kleinen Leiterplatte verbunden sind oder alle Schalter in ein Modul integriert sind, das geringe Induktivitäten in den Kommutierungsschleifen aufweist. Bei Anwendungen mit hoher Leistung besteht die größte Herausforderung des Konzepts in den hohen Induktivitäten der Kommutierungsschleifen, die die Schaltgeschwindigkeit der Geräte begrenzen. Es gibt zwei Arten von hybriden ANPC, die sich durch die Anzahl der verwendeten SiC-MOSFETs unterscheiden: 4SiC- und 2SiC-Hybrid-ANPC. Die 4SiC-Version wird aufgrund der kleinen Kommutierungsschleifen der Hochgeschwindigkeits-SiC-MOSFETs für Hochleistungsanwendungen bevorzugt. Der 2SiC-Hybrid-ANPC hingegen kann wegen der langen Kommutierungsschleifen seiner MOSFETs nicht für Hochleistungsanwendungen eingesetzt werden. Die langen Kommutierungsschleifen können zwar durch einen Entkopplungskondensator in der Nähe des SiC-MOSFET entkoppelt werden. Aber das Vorhandensein des Entkopplungskondensators in der 2SiC-Hybrid-ANPC-Topologie für hohe Leistungen stellt viele Herausforderungen im Designprozess und in der praktischen Umsetzung dar. Diese Dissertation befasst sich mit den Problemen, die für diese Topologie besonders wichtig sind. Darüber hinaus stellt die Entwicklung eines Hochgeschwindigkeits-Schalt-MOSFETs eine eigene Reihe von Herausforderungen dar. Einige neuartige und interessante Lösungen für diese Probleme werden in dieser Dissertation ebenfalls vorgeschlagen. Ein experimenteller 500 kW 2SiC-Hybrid-ANPC wird gebaut, um diese Konzepte zu beweisen.