

**Universität  
Rostock**



Traditio et Innovatio

# **Rückwärts leitfähiger IGBT mit nahezu Gate-Emitter-Spannung unabhängiger Diodencharakteristik**

**Dissertation**

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

der Fakultät für Informatik und Elektrotechnik  
der Universität Rostock

vorgelegt von

M.Sc. Quang Tien Tran, geb. am 25.05.1984 in Nam Dinh

aus Rostock

Rostock, 2020

# Kurzfassung

In Spannungszwischenkreis-Umrichtern kommen IGBT und antiparallele Freilaufdioden als elektronische Schalter zum Einsatz. Der zulässige Ausgangsstrom des Umrichters ist durch die Sperrschichttemperatur der Leistungshalbleiter begrenzt. Die thermische Belastung der IGBT und Dioden ist stark betriebspunktabhängig. In Leistungshalbleiter-Modulen sind IGBT und Dioden üblicherweise in einem Flächenverhältnis von zwei zu eins installiert. Im Wechselrichterbetrieb sind die IGBT thermisch stärker belastet und begrenzen den zulässigen Ausgangsstrom, im Gleichrichterbetrieb meist die Dioden. Im Wechselrichterbetrieb wird daher nur zwei Drittel der Gesamtchipfläche thermisch ausgenutzt, im Gleichrichterbetrieb lediglich ein Drittel.

Rückwärts leitfähige IGBT (RC-IGBT) vereinen die Funktionalität von IGBT und Diode in einem Chip. Unabhängig vom Betriebspunkt kann so die gesamte im Modul installierte Chipfläche thermisch voll ausgenutzt werden.

Bisherige RC-IGBT haben den Nachteil, dass ihre Diodencharakteristik stark von der Gate-Emitter-Spannung abhängig ist. Dies erfordert eine Ansteuerung des RC-IGBT in Abhängigkeit von der Polarität des Laststroms. Dieser Nachteil ist ein wesentlicher Grund, warum sich rückwärts leitfähige IGBT in hart schaltenden Spannungszwischenkreis-Umrichtern bislang nicht durchsetzen konnten.

In dieser Arbeit wird ein neuartiger rückwärts leitfähiger IGBT vorgestellt, dessen Diodencharakteristik nur noch so schwach von der Gate-Emitter-Spannung abhängig ist, dass eine Ansteuerung mit einem konventionellen IGBT-Treiber erfolgen kann. Mittels Bauelementsimulationen wird das Durchlass- und Schaltverhalten dieses RC-GID-IGBT analysiert und seine Robustheit unter extremen Schaltbelastungen abgeschätzt.

# Abstract

IGBTs and free-wheeling diodes are used as electronic switches in voltage source inverters. The maximum output current of the inverter is limited by the junction temperature of the power semiconductors. The thermal stress for IGBTs and diodes strongly depends on the operating point. In power semiconductor modules, IGBTs and diodes typically have a chip area ratio of 2:1. In inverter operation, the thermal load of the IGBTs is higher, so they limit the output current. In rectifier mode, the diodes are the bottleneck. Therefore, during inverter operation, only two-thirds of the total chip area is thermally fully utilized. Moreover, during the rectifier operation, the active chip area shrinks by two-thirds.

Reverse conducting IGBTs (RC-IGBT) include the IGBT and diode functionality in one chip. Thus independent on the operation point, the total chip area of the module can be fully utilized.

State-of-the-art RC-IGBTs have the disadvantage that their diode characteristics strongly depend on the gate-emitter-voltage. Therefore, a load-current dependent gate-drive is necessary. This disadvantage is reason why RC-IGBTs have not found economic success in voltage source inverters.

In this thesis, a new reverse conducting IGBT is presented, which shows diode characteristics with only a slight dependency on the gate-emitter-voltage. Hence, a conventional IGBT gate-drive circuit can be used. The conduction and switching behavior of this RC-GID-IGBT is investigated with device simulation. Its robustness under harsh switching conditions is approximated.