

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	V
Abstract.....	VII
Nomenklatur.....	XII
1 Einleitung.....	1
1.1 Technologische Herausforderungen und Problemstellung	1
1.2 Stand der Forschung und Technik	3
1.3 Gegenstand und Ziel der Arbeit	4
2 Grundlagen und Vorbetrachtung.....	7
2.1 Parasitäre Elemente in der Leistungselektronik.....	7
2.1.1 Berechnungsmethoden.....	8
2.1.2 Parasitäre Widerstände.....	10
2.1.3 Parasitäre Induktivitäten.....	11
2.1.4 Parasitäre Kapazitäten.....	15
2.2 Extraktion parasitärer Elemente.....	17
2.2.1 Frequenzgehalte in Umrichtern mit schnellschaltenden Halbleitern	17
2.2.2 Frequenzabhängigkeit der parasitären Elemente.....	20
2.2.3 Verwendete Simulationsmethoden für parasitäre Elemente	24
2.2.4 Messverfahren für parasitäre Elemente.....	26
3 Antriebsumrichter mit Systemkomponenten.....	32
3.1 Systemkomponenten und Topologie eines Antriebsumrichters.....	32
3.1.1 Leistungsmodul-Technologien.....	32
3.1.2 Zwischenkreiskondensatoren	36
3.1.3 Vergleich und Zusammenfassung der Kondensatortechnologien	44
3.1.4 Zwischenkreisverbindungstechnik	46
3.2 Parasitäre Modellierung der Systemkomponenten	52
3.2.1 Leistungshalbleiter	52
3.2.2 Leistungsmodule	55
3.2.3 Gate-Anbindung.....	63
3.2.4 Zwischenkreiskondensatoren	69
3.2.5 Halbbrückenzeile.....	76
4 Umrichter mit reduzierten parasitären Elementen	80
4.1 Auslegung des Antriebsumrichters für ein gegebenes Antriebssystem	81
4.2 Auslegung des Zwischenkreiskondensators.....	83
4.2.1 Volumenbasierte Dimensionierung.....	84
4.2.2 Optimierung der Elektrolytkondensatorverbindung.....	87
4.2.3 Optimierung der Folienkondensatorverbindung	96
4.3 Auslegung der Leistungsmodule.....	102

4.3.1	Volumenbasierte Dimensionierung.....	102
4.3.2	Optimierung der Halbleiterkontaktierung	104
4.3.3	Optimierung der Leitungsführung und Außenschnittstellen	107
4.3.4	Leistungsmodul mit optimiertem thermischen Pfad	110
4.4	Auslegung der Ansteuerelektronik.....	115
4.4.1	Reduzierung der Gate-Induktivität.....	115
4.4.2	Reduzierung der Streukapazität	118
4.5	Auslegung der Zwischenkreisverbindungstechnik	119
4.5.1	Dimensionierung und Technologievergleich	120
4.5.2	Optimierung der Schraubverbindung.....	123
5	Ganzheitliche Optimierungsansätze für integrierte Umrichter.....	127
5.1	Hinführung zum Thema	127
5.2	Zwischenkreisstruktur mit integrierten Kondensatoren	128
5.2.1	Betriebsverhalten des Elektrolytkondensators	128
5.2.2	Parallelisierung von Kondensatorwickeln.....	130
5.2.3	Zwischenkreiskondensatorbank auf Basis von Folienkondensatoren	134
5.3	Entwicklung einer planaren Kommutierungsmasche.....	135
5.3.1	Planares Leistungsmodul	135
5.3.2	Realisierung der Kommutierungsmasche.....	138
5.3.3	Einfluss der Halbleiteranzahl	140
5.4	Integration von Bypass-Kondensatoren	141
5.4.1	Bypass-Kondensatoren in dem Leistungsmodul	141
5.4.2	Hybrider Zwischenkreis	149
6	Integrierter Antriebsumrichter auf SiC-Basis	155
6.1	Mechatronik und Leistungsbaustein der axialen Inverterintegration.....	155
6.1.1	Vergleich der Zwischenkreis-Kondensatorstechnologien	158
6.1.2	Realisierung der Gate-Ansteuerung	161
6.1.3	Parasitäres Ersatzschaltbild des Halbbrückenbausteins	164
6.2	Aufbau und Betrieb des SiC-Antriebsumrichters	167
7	Zusammenfassung und Fazit	171
Anhang	175
A.1	Berechnung der parasitären Induktivität von Mehrfachbondverbindungen....	175
A.2	Folgen parasitärer Elemente in der Halbbrückenzelle	177
A.3	Fallunterscheidungen für die Herleitung der Zwischenkreiskapazität.....	180
A.4	Berechnung der Verlustleistung im Leistungs-MOSFET	183
A.5	Detaildarstellung Anschlusssysteme.....	184
A.6	Systemsimulation zur Effektivstrombelastung des Bypass-Kondensators	185
Literaturverzeichnis.....	187
Danksagung.....	209

Veröffentlichungsliste	210
-------------------------------------	------------