

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 Halbbrückenzele.....	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