

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Grundlagen und Stand der Technik.....</b>	<b>5</b>
2.1 Grundlagen der Schaltnetzteiltechnik .....	5
2.2 Stand der Technik.....	7
<b>3. Analyse des Optimierungspotentials und Zielstellung der Arbeit.....</b>	<b>15</b>
3.1 Vorbemerkungen.....	15
3.2 Leistungshalbleiter .....	15
3.2.1 Vorbemerkungen.....	15
3.2.2 Hochvolt-Silizium (Si)-Leistungs-MOSFETs.....	15
3.2.3 Niedervolt-Silizium (Si)-Leistungs-MOSFETs .....	22
3.2.4 Siliziumkarbid (SiC)-Schottky-Dioden.....	28
3.2.5 Vergleich von Si- und SiC-Dioden in einer Hochsetzsteller-PFC-Stufe .....	31
3.3 Magnetwerkstoffe für Schaltnetzteilanwendungen.....	34
3.4 Schaltnetzteiltologien im Überblick.....	37
3.4.1 Vorbemerkungen.....	37
3.4.2 Einstufige Topologien (Single-Stage).....	38
3.4.3 Zweistufige Topologien (Dual-Stage).....	39
3.4.4 Dreistufige Topologien (Three-Stage).....	41
3.5 Power Factor Correction (PFC)-Stufe.....	42
3.5.1 Vorbemerkungen.....	42
3.5.2 Boost-PFC-Stufe .....	44
3.5.3 Bridgeless-PFC-Stufe.....	50
3.5.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	52
3.6 Hauptwandler-Stufe .....	53
3.6.1 Vorbemerkungen.....	53
3.6.2 Partiiell hart schaltende Wandler .....	54
3.6.3 Resonanzwandler für die DC-DC Transformation.....	57
3.6.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	67
3.7 Sekundärseitige Gleichrichter .....	68
3.8 Partiiell hart schaltende und resonante Ansteuerung von MOSFETs .....	73
3.8.1 Partiiell hart schaltende Ansteuerung.....	73
3.8.2 Resonante Ansteuerung.....	77
3.8.3 Ergebnisse der Untersuchungen zur Ansteuerung von MOSFETs .....	79

3.9	Untersuchungen zur Synchronisation verschiedener Schaltnetzteilstufen.....	80
3.9.1	Vorbemerkung.....	80
3.9.2	Synchronisation von PFC-Stufe und Hauptwandler .....	80
3.9.3	Synchronisation von Resonanz- und partiell hart schaltenden Wandlern.....	83
3.9.4	Ergebnisse der Untersuchungen zur Stufensynchronisation .....	85
3.10	Zielstellung der Arbeit und Vorgehensweise .....	86
4.	<b>Zweistufige Schaltnetzteiltopologien .....</b>	<b>89</b>
4.1	Vorbemerkungen.....	89
4.2	Partiell hart schaltender Halbbrücken-Konverter.....	89
4.2.1	Topologie, Parameter und Realisierung .....	89
4.2.2	Ergebnisse der Betrachtungen .....	90
4.3	Ergebnisse der Untersuchungen an zweistufigen Schaltnetzteilen .....	91
5.	<b>Dreistufige Schaltnetzteiltopologien .....</b>	<b>93</b>
5.1	Vorbemerkungen.....	93
5.2	Primärseitig geregelte (Pre-Regulated) Schaltnetzteile.....	93
5.2.1	Vorbemerkungen.....	93
5.2.2	Topologieauswahl für Pre-Regulated Schaltnetzteile .....	94
5.2.3	Current Fed Push Pull-Konverter .....	96
5.2.4	Current Fed Full Bridge-Konverter.....	100
5.2.5	Parallelresonanzkonverter .....	104
5.2.6	Betrachtungen zur Synchrongleichrichtung in stromgespeisten Systemen....	108
5.2.7	Einfluss der Wandlerauslegung auf die Überspannungen im System.....	109
5.2.8	Parasitäre Elemente in Pre-Regulated Schaltnetzteilen .....	110
5.2.9	Transformatoren in Pre-Regulated Schaltnetzteilen .....	111
5.2.10	Ergebnisse der Untersuchungen an Pre-Regulated Schaltnetzteilen.....	112
5.3	Sekundärseitig geregelte (Post-Regulated) Schaltnetzteile.....	116
5.3.1	Vorbemerkungen.....	116
5.3.2	Vergleich verschiedener Topologien für Post-Regulated Schaltnetzteile.....	116
5.3.3	Passive Bauelemente in der Hauptstufe .....	119
5.3.4	Topologieauswahl für Post-Regulated Schaltnetzteile.....	121
5.3.5	Serienresonanzkonverter mit sekundärseitigem Tiefsetzsteller .....	126
5.3.6	LLC-Konverter mit sekundärseitigem Tiefsetzsteller.....	130
5.3.7	Partiell hart schaltende Halbbrücke mit sekundärseitigem Tiefsetzsteller.....	136
5.3.8	Einflussfaktoren auf das Schaltverhalten des Serienresonanzkonverters .....	141
5.3.9	Einflussfaktoren auf das Schaltverhalten der partiell hart schaltenden Halbbrücke	144

5.3.10	Ergebnisse der Untersuchungen an Post-Regulated Schaltnetzteilen .....	146
<b>6.</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>151</b>
6.1	Betriebsarten des LLC-Konverters.....	151
6.2	Einflussfaktoren auf das Schaltverhalten und den Wirkungsgrad des LLC-Konverters .....	156
6.3	Einfluss des Luftspaltes auf die Verluste im Transformator des LLC-Konverters	162
6.4	Wirkungsgrad-Skalierung für einen 2 kW Post-Regulated LLC-Konverter.....	163
6.5	Diskussion eines Pre-Regulated LLC-Konverters .....	165
6.6	Ergebnisse der Untersuchungen zu dreistufigen Schaltnetzteiltopologien .....	167
6.7	Entwurfssystematik für ein Schaltnetzteil.....	170
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>173</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>177</b>
	<b>Verzeichnis der Formelzeichen, Abkürzungen, Begriffe und Indizes</b>	<b>183</b>
	<b>Anhang</b>	<b>192</b>