

## Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>1</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>4</b>
<b>TABELLEVERZEICHNIS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTE DER VERWENDETEN FORMELZEICHEN .....</b>	<b>9</b>
<b>1 EINFÜHRUNG .....</b>	<b>15</b>
1.1 ALLGEMEINE ZIELSTELLUNG .....	15
1.2 AUFGABEN DER LEISTUNGSELEKTRONIK .....	15
1.3 PROGRAMME <i>SIMPLORE®</i> .....	17
1.4 PROGRAMME <i>MATCAD®</i> .....	19
<b>2 GRUNDLAGEN DER LEISTUNGSELEKTRONIK .....</b>	<b>21</b>
2.1 SCHALTUNGSELEMENTE .....	21
2.1.1 <i>Ideale Ventile</i> .....	21
2.1.2 <i>Mechanische Schalter</i> .....	22
2.1.3 <i>Halbleiterschalter</i> .....	23
2.2 SCHALTVORGÄNGE VON WECHSELSTRÖMEN .....	26
2.2.1 <i>Einschalten einer RL-Reihenschaltung</i> .....	26
2.2.2 <i>Einschalten eines Reihenschwingkreises</i> .....	28
2.3 KOMMUTIERUNG UND STROMÜBERGANG .....	31
2.3.1 <i>Funktionsprinzip</i> .....	31
2.3.2 <i>Natürliche Kommutierung</i> .....	33
2.3.3 <i>Zwangskommutierung</i> .....	35
<b>3 SIMULATIONSTECHNIK .....</b>	<b>40</b>
3.1 DIGITALE SIMULATION .....	42
3.2 STEUERUNG MITTELS PETRI-NETZMODELLE .....	44
3.3 FORMALISMEN UND SYSTEME .....	48
3.3.1 <i>Atomare Systeme</i> .....	48
3.3.1.1 Allgemeine dynamische Systeme - <i>DS</i> .....	48
3.3.1.2 Differentialgleichungssysteme - <i>DESS</i> .....	50
3.3.1.3 Abtastsysteme - <i>DTSS</i> .....	50
3.3.1.4 Nichtdifferentielle Funktionen - <i>FNSS</i> .....	51
3.3.1.4 Ereignisdiskrete Systeme - <i>DEVS</i> .....	52
3.3.2 <i>Gekoppelte Systeme</i> .....	53
3.4 NUMERISCHE VERFAHREN .....	55
3.4.1 <i>Numerische Integration</i> .....	56
3.4.2 <i>Explizite und implizite Verfahren</i> .....	58

3.4.3 Ein- und Mehrschrittverfahren .....	60
3.4.4 Behandlung von Ereignissen.....	65
<b>4 SIMULATION UND MODELLANALYSE .....</b>	<b>71</b>
4.1 STRATEGIEN DER MODELLBILDUNG.....	71
4.2 NETZGELÖSCHTER STROMRICHTER .....	72
4.2.1 Drehstrombrückenschaltung - <i>B6</i> .....	73
4.2.2 Zwölfpuls-Brückenschaltung.....	80
4.3 DIREKTUMRICHTER .....	83
4.4.1 Trapezansteuerung.....	85
4.4.2 Sinusansteuerung .....	86
4.4.3 Matrixumrichter.....	88
4.4 SELBSTGELÖSCHTER STROMRICHTER .....	101
4.4.1 Zweistufige Stromrichter mit Spannung zwischenkreis .....	101
4.4.2 Dreistufige Stromrichter mit Spannung zwischenkreis.....	118
4.4.3 Stromzwischenkreis-Stromrichter.....	124
<b>5 MATHEMATISCHE VERHÄLTNISSE IN DER LEISTUNGSELEKTRONIK .....</b>	<b>133</b>
5.1 ANALYSE DER GLEICHSTROMRICHTERS .....	133
5.1.1 <i>Grundlagen der mathematischen Modellbildung</i> .....	134
5.1.1.1 Mathematisches Modell.....	134
5.1.1.2 Abschnittweise lineare Beschreibung.....	136
5.1.1.3 Analyse im diskreten Zeitraster .....	138
5.1.1.4 Stetige Ersatzbeschreibung des Mittelwertverlaufes.....	141
5.1.1.5 Analytische Berechnung.....	143
5.1.1.6 Approximation der Matrixreihen.....	145
5.1.2 <i>Analyse der vollgesteuerten B2-Stromrichterschaltung</i> .....	146
5.2 EMV DES UMRICHTERS .....	158
5.2.1 <i>Eigenschaften modulierter Signale</i> .....	160
5.2.1.1 Pulsweitenmodulation .....	162
5.2.1.2 Phasenstromregler .....	169
5.2.2 <i>Störung und Entstörung von IGBT-Umrichter</i> .....	169
5.2.2.1 Gegentaktstörungen.....	170
5.2.2.2 Gleichtaktstörungen.....	172
5.3 MATHEMATISCHE RECHNUNG VOM RAUMZEIGER.....	177
<b>6 SYSTEMBEWERTUNG: NETZRÜCKWIRKUNG VON NETZGEFÜHRTEN STROMRICHTERN .....</b>	<b>181</b>
6.1 SYMMETRISCHE STEUERUNG .....	182
6.2 ASYMMETRISCHE STEUERUNG.....	186
6.3 DER EINSATZ VON FREILAUFDIODEN .....	189
6.3.1 <i>Eine Freilaufdiode am Stromrichterausgang</i> .....	190
6.3.2 <i>Zwei Freilaufdioden zum Sternpunkt</i> .....	192
<b>7 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>195</b>

<b>ANHANG .....</b>	<b>199</b>
A.1 BESCHRÄNKTHEIT DES SPEKTRUMS PERIODISCHER SIGNAL.....	199
A.2 VERGLEICH VON VERSCHIEDENEN SIMULATIONSPROGRAMMEN .....	201
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>205</b>