

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung in die Leistungselektronik .....</b>	<b>11</b>
1.1	Grundlagen.....	11
1.2	Eigenschaften des Schaltbetriebs .....	13
1.2.1	Gleich-, Wechsel-, Mischgrößen.....	13
1.2.2	Arithmetischer Mittelwert.....	15
1.2.3	Effektivwert.....	16
1.2.4	Gesamteffektivwert, Klirrfaktor, Formfaktor und Welligkeit.....	19
1.2.5	Überschlägige Berechnung bei einfachen Kurvenverläufen.....	21
1.3	Leistungsbilanz bei Stromrichtern .....	25
1.3.1	Leistungsfaktor bei sinusförmigen Größen .....	25
1.3.2	Fourier-Analyse .....	27
1.3.3	Blindleistung bei Stromrichtern .....	28
1.4	Betriebsquadranten .....	33
1.5	Lösungen .....	34
<b>2</b>	<b>Leistungshalbleiter .....</b>	<b>39</b>
2.1	Vergleich von idealen und realen Schaltern .....	39
2.2	Diode .....	43
2.3	Thyristor .....	46
2.4	Transistoren .....	48
2.4.1	MOSFET (Unipolar-Transistor) .....	49
2.4.2	Bipolar-Transistor .....	52
2.4.3	IGBT .....	53
2.4.4	Gemeinsamkeiten von Transistoren .....	54
2.5	Abschaltbare Thyristoren.....	56
2.5.1	Gate-Turn-Off-Thyristor (GTO).....	56
2.5.2	Integrated-Gate-Commutated-Thyristor (IGCT).....	56
2.6	Schutz von Leistungshalbleitern .....	57
2.6.1	Spannungsbelastbarkeit .....	57
2.6.2	Überspannungsschutz .....	58
2.6.3	Schutz gegen Überstrom und Kurzschluss .....	63

2.6.4 Ein- und Ausschaltentlastung bei Transistoren .....	64
2.7 Erwärmung und Kühlung von Leistungshalbleitern .....	67
2.7.1 Durchlassverluste bei Thyristoren und Dioden .....	67
2.7.2 Verluste bei Transistoren .....	69
2.7.2.1 Durchlassverluste .....	69
2.7.2.2 Schaltverluste .....	71
2.7.3 Wärmetransport und Auslegung der Kühlung.....	72
2.8 Lösungen .....	77
<b>3 Stromrichterschaltungen mit Dioden und Thyristoren.....</b>	<b>82</b>
3.1 Einpuls-Gleichrichter M1 .....	82
3.1.1 Aufbau der Schaltung .....	82
3.1.2 Funktionsweise der ungesteuerten M1U-Schaltung .....	83
3.1.3 Funktionsweise der gesteuerten M1C-Schaltung .....	85
3.2 Zweiphasige Mittelpunktschaltung M2 .....	88
3.2.1 Aufbau und Funktionsweise .....	88
3.2.2 Stromglättung .....	92
3.2.3 Steuergesetz im nicht lückenden Betrieb .....	95
3.3 Dreiphasige Mittelpunktschaltung M3 .....	96
3.3.1 M3-Schaltung bei ohmscher Last .....	96
3.3.1.1 Steuergesetz im nicht lückenden Betrieb .....	101
3.3.1.2 Steuergesetz im Lückbetrieb .....	102
3.3.2 M3-Schaltung bei idealer Glättung.....	103
3.3.3 Glättungsdrossel .....	106
3.3.4 Wechselrichterbetrieb .....	109
3.3.5 Auswirkung und Berechnung der Kommutierung .....	111
3.3.5.1 Kommutierung bei netzgeführten Stromrichtern .....	111
3.3.5.2 Auswirkung der Überlappung .....	114
3.3.5.3 Wechselrichtergrenze .....	117
3.3.5.4 Gleichspannungsersatzschaltbild für Mittelwerte.....	118
3.3.6 Mittelpunktschaltungen mit verbundenen Anoden .....	119
3.3.7 Netzströme und Transformatorbauleistung .....	121
3.4 Brückenschaltungen netzgeführter Stromrichter.....	123
3.4.1 Vollgesteuerte Drehstrombrückenschaltung B6C.....	123
3.4.2 Brückenschaltung B2C.....	127
3.5 Umkehrstromrichter .....	130
3.6 Lösungen .....	132

---

<b>4 Gleichstromsteller</b>	139
4.1 Einführung	139
4.2 Tiefsetzsteller	141
4.2.1 Grundschaltung	141
4.2.2 Realer Tiefsetzsteller	144
4.2.3 Dimensionierung des LC-Filters	145
4.2.4 Stromwelligkeit	146
4.2.5 Betrieb mit lückendem Strom	149
4.3 Hochsetzsteller	153
4.3.1 Grundlegende Arbeitsweise	153
4.3.2 Betrieb mit lückendem Strom	156
4.4 Mehrquadrantensteller	158
4.4.1 Zweiquadrantensteller mit Stromumkehr	158
4.4.2 Zweiquadrantensteller mit Spannungsumkehr	160
4.5 Vollbrücke	166
4.5.1 Allgemeine Einführung	166
4.5.2 Pulsweitenmodulation	169
4.5.2.1 Pulsweitenmodulation mit zwei Spannungsniveaus (PWM2)	170
4.5.2.2 PWM mit drei Spannungsniveaus (PWM3)	173
4.6 Ansteuerschaltungen für MOS-Transistoren	180
4.6.1 Grundlagen	180
4.6.2 CMOS-Gatter	183
4.6.3 Gegentaktstufe	184
4.6.4 Beschleunigtes Abschalten	184
4.6.5 Treiber-ICs	185
4.6.6 Potenzialfreie Ansteuerung mit Impulsübertrager	186
4.7 Lösungen	190
<b>5 Umrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis</b>	201
5.1 Einführung	201
5.2 Einphasige spannungseinprägende Wechselrichter	204
5.2.1 Halbbrücke mit Grundfrequenztaktung	204
5.2.2 Vierquadrantensteller mit Grundfrequenztaktung	207
5.2.3 Steuerverfahren zur Verstellung von Frequenz und Amplitude	210
5.2.3.1 Pulsamplitudenmodulation	210
5.2.3.2 Vierquadrantensteller mit Unterschwingungsverfahren	210
5.2.4 Anwendungen	221

5.3 Dreiphasiger spannungseinprägender Wechselrichter .....	221
5.3.1 Grundlegender Aufbau und Steuerverfahren .....	221
5.3.1.1 Grundfrequenztaktung.....	222
5.3.1.2 Unterschwingungsverfahren .....	227
5.3.1.3 Raumzeigermodulation .....	234
5.3.1.4 Weitere Steuerverfahren .....	240
5.3.1.5 Flattop-Verfahren .....	242
5.3.2 Ergänzende Komponenten.....	242
5.4 Einsatzgebiete und Anwendungen.....	244
5.4.1 Elektronische Antriebstechnik.....	244
5.4.2 Netzeinspeisung regenerativ erzeugter Energien .....	245
5.5 Lösungen .....	246
<b>Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>	<b>251</b>
<b>Literatur .....</b>	<b>255</b>
<b>Index .....</b>	<b>257</b>