

Uwe Probst

Leistungselektronik für Bachelors

Grundlagen und praktische Anwendungen

mit 188 Bildern



Fachbuchverlag Leipzig
im Carl Hanser Verlag

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Leistungselektronik.....	11
1.1	Grundlagen	11
1.2	Eigenschaften des Schaltbetriebs.....	14
1.2.1	Gleich-, Wechsel-, Mischgrößen	14
1.2.2	Arithmetischer Mittelwert	15
1.2.3	Effektivwert	17
1.2.4	Gesamteffektivwert, Klirrfaktor, Formfaktor und Welligkeit.....	22
1.2.5	Überschlägige Berechnung bei einfachen Kurvenverläufen	23
1.3	Leistungsbilanz bei Stromrichtern	28
1.3.1	Leistungsfaktor bei sinusförmigen Größen	28
1.3.2	Fourier-Analyse	30
1.3.3	Blindleistung bei Stromrichtern	31
1.4	Betriebsquadranten	38
1.5	Lösungen	39
2	Leistungshalbleiter.....	45
2.1	Vergleich von idealen und realen Schaltern	45
2.2	Diode	50
2.3	Thyristor	54
2.3.1	Eigenschaften, Schaltverhalten und Kennlinien	54
2.3.2	Spannungsbelastbarkeit und Überspannungsschutz	56
2.4	Transistoren	61
2.4.1	MOSFET (Unipolar-Transistor)	61
2.4.2	Bipolar-Transistor	65
2.4.3	IGBT	67
2.4.4	Gemeinsamkeiten von Transistoren	68
2.5	Abschaltbare Thyristoren	70
2.5.1	Gate-Turn-Off-Thyristor (GTO)	70
2.5.2	Integrated-Gate-Commutated-Thyristor (IGCT).....	71
2.6	Erwärmung und Kühlung von Leistungshalbleitern.....	72
2.6.1	Durchlassverluste bei Thyristoren und Dioden.....	73

2.6.2	Verluste bei Transistoren	75
2.6.2.1	Durchlassverluste.....	75
2.6.2.2	Schaltverluste	77
2.6.3	Wärmetransport und Auslegung der Kühlung	79
2.7	Lösungen.....	85
3	Stromrichterschaltungen mit Dioden und Thyristoren.....	91
3.1	Einpuls-Gleichrichter M1	91
3.1.1	Aufbau der Schaltung	92
3.1.2	Funktionsweise der ungesteuerten M1U-Schaltung	93
3.1.3	Funktionsweise der gesteuerten M1C-Schaltung.....	94
3.2	Zweiphasige Mittelpunktschaltung M2	98
3.2.1	Aufbau und Funktionsweise.....	98
3.2.2	Stromglättung	103
3.2.3	Steuergesetz im nicht lückenden Betrieb	107
3.3	Dreiphasige Mittelpunktschaltung M3	109
3.3.1	M3-Schaltung bei ohmscher Last.....	109
3.3.1.1	Steuergesetz im nicht lückenden Betrieb	115
3.3.1.2	Steuergesetz im Lückbetrieb.....	116
3.3.2	M3-Schaltung bei idealer Glättung	117
3.3.3	Glättungsdrossel	121
3.3.4	Wechselrichterbetrieb	124
3.3.5	Auswirkung und Berechnung der Kommutierung	126
3.3.5.1	Kommutierung bei netzgeführten Stromrichtern	126
3.3.5.2	Auswirkung der Überlappung.....	131
3.3.5.3	Wechselrichtergrenze	134
3.3.5.4	Gleichspannungsersatzschaltbild für Mittelwerte	135
3.3.6	Mittelpunktschaltungen mit verbundenen Anoden	137
3.3.7	Netzströme und Transformatorbauleistung.....	139
3.4	Brückenschaltungen netzgeführter Stromrichter.....	142
3.4.1	Vollgesteuerte Drehstrombrückenschaltung B6C.....	142
3.4.2	Brückenschaltung B2C	147
3.5	Umkehrstromrichter	151
3.6	Lösungen.....	154
4	Gleichstromsteller.....	163
4.1	Einführung.....	163
4.2	Tiefsetzsteller	166

4.2.1	Grundschaltung	166
4.2.2	Realer Tiefsetzsteller	169
4.2.3	Dimensionierung des LC-Filters	170
4.2.4	Stromwelligkeit	171
4.2.5	Betrieb mit lückendem Strom	176
4.3	Hochsetzsteller	181
4.3.1	Grundlegende Arbeitsweise	181
4.3.2	Betrieb mit lückendem Strom	185
4.4	Mehrquadrantensteller	187
4.4.1	Zweiquadrantensteller mit Stromumkehr	187
4.4.2	Zweiquadrantensteller mit Spannungsumkehr	189
4.5	Vollbrücke	196
4.5.1	Allgemeine Einführung	196
4.5.2	Pulsweitenmodulation	200
4.5.2.1	Pulsweitenmodulation mit zwei Spannungsniveaus (PWM2)	201
4.5.2.2	PWM mit drei Spannungsniveaus (PWM3)	204
4.6	Ansteuerschaltungen für MOS-Transistoren	215
4.6.1	Grundlagen	215
4.6.2	CMOS-Gatter	218
4.6.3	Gegentaktstufe	218
4.6.4	Beschleunigtes Abschalten	219
4.6.5	Treiber-ICs	220
4.6.6	Potenzialfreie Ansteuerung mit Impulsübertrager	222
4.7	Lösungen	226
5	Umrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis	239
5.1	Einführung	239
5.2	Einphasige spannungseinprägende Wechselrichter	242
5.2.1	Halbbrücke mit Grundfrequenztaktung	242
5.2.2	Vierquadrantensteller mit Grundfrequenztaktung	246
5.2.3	Steuerverfahren zur Verstellung von Frequenz und Amplitude	249
5.2.3.1	Pulsamplitudenmodulation	249
5.2.3.2	Vierquadrantensteller mit Unterschwingungsverfahren	250
5.3	Dreiphasiger spannungseinprägender Wechselrichter	264
5.3.1	Grundlegender Aufbau und Steuerverfahren	264
5.3.1.1	Grundfrequenztaktung	265
5.3.1.2	Unterschwingungsverfahren	273
5.3.2	Ergänzende Komponenten	282

5.4	Lösungen	284
A	Literaturverweise	287
B	Sachwortverzeichnis	289
C	Formelzeichen	295