

HANSER

Leistungselektronik

Rainer Felderhoff

ISBN 3-446-40261-6

Inhaltsverzeichnis

Weitere Informationen oder Bestellungen unter
<http://www.hanser.de/3-446-40261-6> sowie im Buchhandel

Inhalt

1 Grundlagen der Leistungselektronik

| | | |
|-------|---|----|
| 1.1 | Einführung | 17 |
| 1.1.1 | Energieübertragung mit Geräten bzw. Anlagen der Leistungselektronik | 17 |
| 1.1.2 | Stromrichtergrundfunktionen | 18 |
| 1.1.3 | Schaltbetrieb | 20 |
| 1.1.4 | Aufbau einer Stromrichteranlage | 22 |
| 1.1.5 | Innere Wirkungsweise der Stromrichter | 23 |
| 1.1.6 | Leistungssteuerverfahren | 24 |
| 1.1.7 | Anwendungen | 24 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 1.1 | 30 |
| 1.2 | Gesteuerte Ein- und Zweiweggleichrichter | 31 |
| 1.2.1 | Gesteuerte Ein- und Zweiweggleichrichter ohne Energiespeicher | 31 |
| 1.2.2 | Gleichrichter mit kapazitivem Energiespeicher | 34 |
| 1.2.3 | Gleichrichter mit induktivem Energiespeicher | 35 |
| 1.2.4 | Netzführung (Natürliche Kommutierung) | 41 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 1.2 | 44 |
| 1.3 | Der arithmetische Mittelwert | 45 |
| 1.3.1 | Bedeutung des arithmetischen Mittelwertes | 45 |
| 1.3.2 | Berechnung des arithmetischen Mittelwertes | 46 |
| 1.3.3 | Ideelle Gleichstromleistung | 51 |
| 1.3.4 | Messung des arithmetischen Mittelwertes | 53 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 1.3 | 54 |
| 1.4 | Der Effektivwert | 55 |
| 1.4.1 | Bedeutung des Effektivwertes | 55 |
| 1.4.2 | Berechnung des Effektivwertes | 57 |
| 1.4.3 | Messung des Effektivwertes | 59 |
| 1.4.4 | Der Formfaktor F | 60 |
| 1.4.5 | Betrieb der Gleichstrommaschine mit oberwellenhaltigem Strom | 60 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 1.4 | 62 |
| 1.5 | Der Leistungsfaktor | 63 |
| 1.5.1 | Schein-, Wirk- und Blindleistung, Leistungsfaktor | 63 |
| 1.5.2 | Fourier-Zerlegung | 65 |
| 1.5.3 | Steuerblindleistung | 67 |
| 1.5.4 | Verzerrungsleistung | 68 |
| 1.5.5 | Messung der Leistungen und des Leistungsfaktors | 70 |
| 1.5.6 | Transformatorbauleistung | 71 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 1.5 | 75 |
| 1.6 | Wirkung einer Freilaufdiode | 77 |
| 1.6.1 | Strom- und Spannungsverlauf | 77 |
| 1.6.2 | Leistungsverhältnisse | 79 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 1.6 | 80 |
| 1.7 | Gleichrichter mit Gleichstrommaschine | 81 |
| 1.7.1 | Gleichrichter mit Gegenspannung | 81 |
| 1.7.2 | Verhalten der Maschine im Leerlauf | 84 |
| 1.7.3 | Maschine bei Belastung | 85 |
| 1.7.4 | Einbau einer Glättungsdrossel | 89 |

| | |
|---|-----|
| 1.7.5 Leistung und Verluste | 90 |
| Lernzielorientierter Test zu Kapitel 1.7 | 91 |
| 2 Leistungshalbleiter | |
| 2.1 Thyristoren und Dioden | 93 |
| 2.1.1 Entwicklung | 93 |
| 2.1.2 Kennlinienverläufe Diode, Thyristor und Triac | 94 |
| 2.1.3 Aufbau | 97 |
| 2.1.4 Thyristor, Eigenschaften | 104 |
| 2.1.5 Strombelastbarkeit und Überstromschutz | 117 |
| 2.1.6 Spannungsbelastbarkeit und Überspannungsschutz | 122 |
| 2.1.7 GTO-Thyristor | 126 |
| Lernzielorientierter Test zu Kapitel 2.1 | 128 |
| 2.2 Transistoren | 128 |
| 2.2.1 Abschaltbare Leistungshalbleiter | 128 |
| 2.2.2 Ein- und Ausschaltverhalten | 130 |
| 2.2.3 Verluste | 132 |
| 2.2.4 Steuereigenschaften des IGBT | 133 |
| 2.2.5 Steuerung der Leistungshalbleiter mittels Mikrocontroller | 134 |
| 2.2.6 Treiberstufen | 135 |
| 2.2.7 Schutz | 137 |
| 2.2.8 Einsatzbereiche von IGBT- und MOSFET-Leistungsmodulen | 138 |
| Lernzielorientierter Test zu Kapitel 2.2 | 140 |
| 3 Steuersätze netzgeführter Stromrichter | |
| 3.1 Steuerschaltungen für Thyristoren und Triacs | 141 |
| 3.2 Impulsgenerator mit UJT | 143 |
| 3.3 Periodengruppensteuerung, Schwingungspaketsteuerung | 146 |
| 3.4 Impulsgeräte mit integrierten Schaltungen | 149 |
| 3.5 Steuersatz-Varianten | 153 |
| 3.6 Phasenabschnittsteuerung | 155 |
| Lernzielorientierter Test zu Kapitel 3 | 159 |
| 4 Fremdgeführte Stromrichter | |
| 4.1 Dreiphasenmittelpunktschaltung M3 | 163 |
| 4.1.1 M3-Schaltung bei ohmscher Last | 163 |
| 4.1.2 M3-Schaltung bei idealer Glättung | 168 |
| 4.1.3 Glättungs-drossel | 171 |
| 4.1.4 Ventilspannungsverlauf in der M3-Schaltung | 172 |
| 4.1.5 Gleichrichterbetrieb – Wechselrichterbetrieb | 174 |
| 4.1.6 Kommutierung des netzgeführten Stromrichters | 176 |
| 4.1.7 Spannungsänderung D_x | 180 |
| 4.1.8 Wechselrichtergrenze | 182 |
| 4.1.9 Leistungsverhältnisse | 183 |
| Lernzielorientierter Test zu Kapitel 4.1 | 186 |
| 4.2 Weitere Schaltungen netzgeführter Stromrichter | 187 |
| 4.2.1 Brückenschaltung B6C | 187 |
| 4.2.2 Brückenschaltung B2C | 191 |
| 4.2.3 Halbgesteuerte Brücken B6H und B2H | 192 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 4.2.4 | Folgesteuerung | 196 |
| 4.2.5 | 12-pulsige Schaltungen | 197 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 4.2 | 198 |
| 4.3 | Mehrquadranten-Gleichstromantriebe | 199 |
| 4.3.1 | Vierquadranten-Gleichgrößenebene | 199 |
| 4.3.2 | Zweiquadrantenantriebe | 200 |
| 4.3.3 | Vierquadrantenantriebe | 201 |
| 4.3.4 | Kreisstromfreier Vierquadrantenantrieb | 205 |
| 4.3.5 | Vierquadrantenantrieb für DC-Servos kleiner und mittlerer Leistung | 205 |
| 4.3.6 | Drehzahlgeregelte Antriebe | 206 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 4.3 | 211 |
| 4.4 | Drehstromantrieb mit netzgeführten Stromrichtern | 212 |
| 4.4.1 | Drehzahlsteuerung von Drehfeldmaschinen | 212 |
| 4.4.2 | Direktumrichter | 213 |
| 4.4.3 | Untersynchrone Stromrichter­kaskade (USK) | 218 |
| 4.4.4 | Drehstromsteller | 221 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 4.4 | 225 |
| 4.5 | Stromrichtermotor | 225 |
| 4.5.1 | Prinzip | 226 |
| 4.5.2 | Vergleich Gleichstrommotor – Stromrichtermotor | 227 |
| 4.5.3 | Der elektronische Kommutator | 229 |
| 4.5.4 | Lastführung (Maschinenführung) | 233 |
| 4.5.5 | Steuerung und Regelung | 236 |
| 4.5.6 | Sensorloser, bürstenloser DC-Motor (EC-Motor) | 238 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 4.5 | 241 |
| 4.6 | Schwingkreiswechselrichter | 242 |
| 4.6.1 | Prinzip der Schwingkreiswechselrichter | 242 |
| 4.6.2 | Anwendungen | 243 |
| 4.6.3 | Reihenschwingkreiswechselrichter (RSW) | 243 |
| 4.6.4 | Parallelschwingkreiswechselrichter (PSW) | 245 |
| 4.6.5 | Neuere Techniken für Umrichter für Induktionsanlagen | 250 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 4.6 | 251 |

5 Selbstgeführte Stromrichter

| | | |
|--------|--|-----|
| 5.1 | Gleichstromsteller | 253 |
| 5.1.1 | Prinzip der Selbstführung | 253 |
| 5.1.2 | LC-Löschschaltung | 254 |
| 5.1.3 | Gleichstromsteller, Grundschaltung | 255 |
| 5.1.4 | Steuerverfahren | 257 |
| 5.1.5 | Pulsweitenmodulation (PWM) | 258 |
| 5.1.6 | Zusammenwirken von Glättungsinduktivität und Freilaufdiode bei einem Antrieb | 259 |
| 5.1.7 | Grundprinzip des Schaltnetz­teiles | 260 |
| 5.1.8 | Mehrquadrantenantrieb mit Gleichstromsteller | 261 |
| 5.1.9 | Ansteuerung eines Vierquadranten­stellers | 261 |
| 5.1.10 | Elektronische Stromversorgung | 264 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 5.1 | 265 |
| 5.2 | Wechselrichter | 266 |
| 5.2.1 | Prinzip | 266 |
| 5.2.2 | Wechselrichter in H-Schaltung (Einphasenbrückenschaltung) | 267 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 5.2.3 | Prinzip eines Wechselrichters für die unterbrechungsfreie Stromversorgung in Transistortechnik | 269 |
| 5.2.4 | Wechselrichter mit Drehstromausgang | 271 |
| 5.2.5 | Anwendungen | 278 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 5.2 | 279 |
| 5.3 | Wechselstromumrichter | 279 |
| 5.3.1 | Zwischenkreisumrichter | 280 |
| 5.3.2 | U-Umrichter | 282 |
| 5.3.3 | Verbesserung der Laufeigenschaften der Asynchronmaschine (ASM) | 291 |
| 5.3.4 | Mehrquadrantenbetrieb der Asynchronmaschine | 294 |
| 5.3.5 | Merkmale industrieller U-Umrichter | 296 |
| 5.3.6 | I-Umrichter | 298 |
| 5.3.7 | Frequenzumrichter (Vergleich mit U- und I-Umrichter) | 300 |
| 5.3.8 | Strom- und Spannungsmessung in der Stromrichtertechnik | 301 |
| 5.3.9 | Anwendungen | 302 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 5.3 | 307 |
| 6 | Umrichterrückwirkungen und EMV | |
| 6.1 | Netzurückwirkungen durch nichtsinusförmige Ströme | 309 |
| 6.2 | Nebenwirkungen durch Takten der Wechselrichter-Transistoren | 313 |
| 6.3 | Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) | 314 |
| | Lernzielorientierter Test zu Kapitel 6 | 316 |
| | Lösungen | 317 |
| | Literaturverzeichnis | 389 |
| | Einige Normen und Begriffe | 389 |
| | Stichwortverzeichnis | 390 |