

Dipl.-Ing. F. Korb

Leistungshalbleiter und ihre wichtigsten Anwendungen



VOGEL-VERLAG

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	5
1.	Einführung	9
1.1.	Anwendungsgebiete und Eigenschaften von Stromrichterventilen	9
1.2.	Kurze Zusammenfassung der physikalischen Grundlagen	12
1.3.	Herstellungsverfahren	13
2.	Kühlung, Schutz, thermisches Verhalten und Bauformen von Halbleitern	15
2.1.	Kühlung	15
2.2.	Schutzeinrichtungen	17
2.3.	Thermisches Verhalten von Halbleitern	23
2.4.	Bauformen von Halbleitern der Energieelektronik	41
2.4.1.	Dioden und Thyristoren	41
2.4.2.	Elemente mit integrierten Funktionen	42
2.4.3.	Leistungstransistoren	42
3.	Funktionen der wichtigsten Halbleiterelemente	45
3.1.	Dioden	45
3.2.	Thyristoren	45
3.3.	Triacs	47
3.4.	Ausschaltbare Thyristoren	48
3.5.	Lichtzündbare Thyristoren	48
3.6.	Rückwärtsleitende Thyristoren	48
3.7.	Leistungstransistoren	49
3.8.	Charakteristische Daten für den technischen Einsatz	51
3.8.1.	Thyristoren	52
3.8.2.	Dioden	57
4.	Auslegung von Leistungshalbleitern	59
4.1.	Spannungsauslegung	59
4.2.	Stromauslegung für Schaltbetriebe	60
4.3.	Stromauslegung von Thyristoren für höhere Frequenzen	69
4.4.	Stromauslegung bei Leistungstransistoren	71
5.	Wirkungsweise netzgeführter Stromrichter	73
5.1.	Spannungsbildung	73

5.2.	Oberschwingungen der Verbraucherspannung	78
5.3.	Grund- und Oberschwingungen des Netzstromes	81
5.4.	Primär- und Sekundärleistung des Stromrichter-Transformators ..	83
5.5.	Kommutierung mit Induktivität im Kommutierungskreis	86
5.6.	Einfluß des Lastcharakters auf Gleichspannung und Gleichstrom	88
5.7.	Blindleistung	90
5.8.	Bekämpfung von Netzurückwirkungen	91
5.9.	Ermittlung von U_{d10}	95
5.10.	Strom-Spannungs-Kennlinie von Stromrichtern im gesamten Bereich möglicher Ströme	97
5.11.	Berechnung des Verbraucherstromes als Funktion der Zeit	101
5.12.	Die Ventilspannung	107
6.	Die wichtigsten Eigenschaften der häufigsten Schaltungen netzgeführter Stromrichter	109
6.1.	2pulsige Brückenschaltungen	109
6.2.	Drehstrom-Brückenschaltungen	113
6.3.	Doppel-Sternschaltung mit Saugdrosselspule	116
6.4.	Methoden zur Erhöhung der Pulszahl von Stromrichtern	118
7.	Bau- und Funktionselemente von Stromrichteranlagen	119
7.1.	Glättungsmittel	119
7.2.	Transformatoren	124
7.3.	Saugdrosselspulen	127
7.4.	Drosselspulen im Kommutierungskreis	128
7.5.	Gittersteuerung	128
8.	Stromrichterschaltungen für Gleichstromantriebe	143
8.1.	Verfahren zur Umkehr des Drehmomentes	143
8.2.	Zusammenwirken von Stromrichter und Motor	147
8.3.	Entstehung und Auswirkung des Kreisstromes	149
8.4.	Stromumkehrlogik	153
8.5.	Regelung von Antrieben ohne Umkehrlogik	154
8.6.	Regelung von Antrieben mit Umkehrlogik	156
8.7.	Auslegung von Kreisstromdrosselspulen	156
8.8.	Entstehung und Auswirkung des dynamischen Kreisstromes ...	160
8.9.	Einfluß der Breite von Steuerimpulsen auf die Spannungsbildung	160
8.10.	Wirkungsweise der U_A -Aufschaltung	161
9.	Wechsel- und Drehstromsteller	163
9.1.	Vollgesteuerte Wechsel- und Drehstromsteller mit einphasiger Spannungsbildung	164
9.2.	Vollgesteuerte Drehstromsteller mit dreiphasiger Spannungsbil- dung	169

9.3.	Halbgesteuerter Drehstromsteller	172
9.4.	Netzurückwirkungen	174
9.5.	Gittersteuerung für Wechselstromsteller	176
9.6.	Ventilbeanspruchungen	176
9.7.	Drehfeldmaschinen mit Drehstromstellern	177
9.8.	Primärseitige Anschnittsteuerung von Gleichrichtern	183
9.9.	Wechsel- und Drehstromsteller als Schalter	188
10.	Umrichter, selbstgeführte und lastgeführte Wechselrichter	191
10.1.	Direktumrichter	191
10.2.	Netzgeführte Umrichter mit Gleichstrom-Zwischenkreis	197
10.3.	Gleichstromsteller	199
10.4.	Selbstgeführter Umrichter und selbstgeführte Wechselrichter mit Wechselstromausgang	213
10.5.	Schwingkreis-Wechselrichter	216
11.	Berechnungsbeispiele	219
11.1.	bis 11.11. Aufgaben zur Auslegung von Leistungshalbleitern	219
11.12.	bis 11.26. Aufgaben über das Gebiet netzgeführter Stromrichter ..	229
11.27.	Drehstromsteller für Galvanikanlage	235
11.28.	Stromrichter-kaskade für Pumpenantrieb	236
11.29.	Verhalten von Gleichstromstellern	236
11.30.	Schwingkreis-Wechselrichter für Induktionsofen	237
12.	Literaturhinweise	251
12.1.	Empfehlungen, Bestimmungen und Normen	251
12.2.	Fachbücher	252
12.3.	Fachaufsätze, Druckschriften	253
	Stichwortverzeichnis	262

Anmerkung

Bei den Bezeichnungen wurde in einigen Fällen ein Kompromiß zwischen technischem Sprachgebrauch, Systematik und Norm geschlossen.

- Für die Temperatur eines Halbleiters sind Kurzbezeichnungen wie „Kristalltemperatur“ oder „Tablettentemperatur“ heute noch üblich. Auf Sicht gesehen wird die neue Normbezeichnung „Ersatz-Sperrschichttemperatur“ beide Begriffe verdrängen.
- Zur besseren Übersicht und Platzeinsparung wurde für die thermischen Widerstände eine Kurzform gewählt, z.B. R_{TC} anstelle R_{thTC} .
- Die zulässige „Ersatz-Sperrschichttemperatur“ ist mit ϑ_Z bezeichnet (anstelle von ϑ_{V1}).
- Aus systematischen Gründen wurde für die ideale Leerlaufgleichspannung bei $\alpha = 0$ die Bezeichnung U_{dio} beibehalten (genormt U_{d1}).
- Wirkleistung, Scheinleistung, Blindleistung und Verlustleistung sind mit P_W , P_S , P_Q und P_V bezeichnet. Nach den Normen können hierfür die Bezeichnungen P , S , Q , V verwendet werden.
- Für die Bezeichnung der Ordinaten von Zeitläufen sind große und kleine Buchstaben als gleichwertig anzusehen. Wird z.B. der Mittelwert eines Stromverlaufs im Diagramm mit I_d gekennzeichnet, so kann eine Bezeichnung der Ordinaten mit i_d vorteilhaft sein.
- Für den Gatekreis kennzeichnet die Bezeichnung „Zündstrom“ den Strom, bei dem der Thyristor tatsächlich zündet. Der Strom, den die Gittersteuer-Einrichtung liefert, ist wesentlich höher und wird mit Steuerstrom, Steuerimpuls, Gitterstrom oder Gitterimpuls bezeichnet.