

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Einleitung	11
2 Bauelemente der Leistungselektronik	13
2.1 Eigenschaften von Leistungshalbleiter-Bauelementen	13
2.2 Leistungsdioden	14
2.2.1 Einschalten einer Leistungsdiode	16
2.2.2 Ausschalten einer Leistungsdiode	19
2.2.3 Verlustleistungen einer Leistungsdiode	20
2.2.4 Schutzbeschaltung einer Leistungsdiode	21
2.3 Thyristoren	22
2.3.1 Betrieb an Sperrspannung	24
2.3.2 Zünden eines Thyristors	27
2.3.3 Einschalten eines Thyristors	30
2.3.4 Ausschalten eines Thyristors	31
2.3.5 Verlustleistungen eines Thyristors	33
2.3.6 Schutzbeschaltung eines Thyristors	34
2.3.7 Asymmetrisch sperrender Thyristor (ASCR)	34
2.3.8 Gate-Assisted-Turn-Off-Thyristor (GATT)	35
2.3.9 Rückwärtsleitender Thyristor (RCT)	35
2.3.10 Light-Controlled-Thyristor (LCT)	35
2.3.11 Gehäuseformen von Thyristoren	36
2.3.12 Vor- und Nachteile von Thyristoren	38
2.4 Triode-alternating-current-switch (Triac)	38
2.5 Abschaltbare Thyristoren	40
2.5.1 Gate-Turn-Off-Thyristor (GTO)	40
Einschalten eines GTO	42
Ausschalten eines GTO	43
Verlustleistungen eines GTO	43
Schutzbeschaltung eines GTO	43
Vor- und Nachteile eines GTO	44
2.5.2 Hard-Driven GTO (HDGTO)	44
2.5.3 MOS-Controlled-Thyristor (MCT)	44
2.5.4 MOS-Turn-Off-Thyristor (MTO)	45
2.5.5 Integrated-Gate-Communicated-Thyristor (IGCT)	46
2.5.6 Emitter-Turn-Off-Thyristor (ETO)	47
2.6 Bipolare Leistungstransistoren (nnp-Transistoren)	48
2.6.1 Spannungs- und Stromverhältnisse am npn-Transistor, Kennlinien	50
2.6.2 Einschalten eines bipolaren Leistungstransistors	55
2.6.3 Ausschalten eines bipolaren Leistungstransistors	56
2.6.4 Verlustleistungen und sicherer Arbeitsbereich	57
2.6.5 Darlingtonschaltung	58
2.6.6 Schutzbeschaltung eines bipolaren Leistungstransistors	59
2.6.7 Gehäuseformen von bipolaren Leistungstransistoren	59

2.6.8	Vor- und Nachteile eines bipolaren Leistungstransistors	59
2.7	Feldeffektleistungstransistoren (FET bzw. MOSFET)	59
2.7.1	Spannungs- und Stromverhältnisse am MOSFET, Kennlinien	61
2.7.2	Einschalten eines MOSFET	65
2.7.3	Ausschalten eines MOSFET	66
2.7.4	Verlustleistungen und Grenzwerte eines MOSFET	67
2.7.5	Schutzbeschaltung eines MOSFET	68
2.7.6	Vor- und Nachteile eines MOSFET	68
2.8	Insulated-Gate-Bipolar-Transistor (IGBT)	68
2.8.1	Spannungs- und Stromverhältnisse am IGBT, Kennlinien	69
2.8.2	Einschalten eines IGBT	70
2.8.3	Ausschalten eines IGBT	71
2.8.4	Verlustleistungen und Grenzwerte eines IGBT	72
2.8.5	Gehäuseformen eines IGBT	74
2.8.6	Vor- und Nachteile eines IGBT	75
2.9	Static-Induction-Transistor (SIT)	75
2.10	Parallel- und Reihenschaltung von Halbleiterbauelementen	75
2.11	Anwendungen von Leistungshalbleiterbauelementen	78
2.12	Zuverlässigkeit von Halbleiterbauelementen	80
3	Steuer- und Schutzbeschaltungen von Halbleiterbauelementen, Kühlung	83
3.1	Sicheres Zünden	83
3.2	Steuerschaltungen	83
3.3	Schutzbeschaltungen	86
3.3.1	Schutz vor dynamischen Überströmen	86
3.3.2	Schutz vor dynamischen Überspannungen	87
3.3.3	Schutz vor statischen Überströmen	88
3.4	Kühlung	89
3.4.1	Entstehung der Wärme	89
3.4.2	Thermisches Ersatzschaltbild	90
3.4.3	Wärmeleitung und Heatpipe, Konvektion, Strahlung	95
3.4.4	Kühlkörperbauformen	97
3.4.5	Aktive Kühlung	98
4	Halbleiterschalter und Halbleitersteller	101
4.1	Halbleiterschalter	101
4.2	Schaltungen zur Drehrichtungsumkehr	104
4.3	Wechselstromsteller	105
5	Kommutierung	109
5.1	Kommutierungsvorgang	110
5.2	Wichtige Definitionen zur Kommutierung	111
6	Stromrichter	113
6.1	Fremdgeführte Stromrichter	115
6.1.1	Netzgeführte Stromrichter	115
	Gleichrichterschaltungen	115
	Gesteuerte 2-pulsige Schaltung mit einem Transformator mit Mittelpunktanzapfung (M2)	119
	Gesteuerte 2-pulsige Brückenschaltung (B2)	124
	Halbgesteuerte 2-pulsige Brückenschaltung (B2H)	125
	3-pulsige Mittelpunktschaltung (M3)	126
	6-pulsige Brückenschaltung (B6)	128
	Halbgesteuerte 6-pulsige Brückenschaltung (B6H)	130

	Umkehrstromrichter	130
	Wechselstromumrichter (Direktumrichter)	133
6.1.2	Lastgeführte Stromrichter	136
	Lastgeführter Stromrichter für Synchronmaschinen	136
	Schwingkreis-Wechselrichter	138
6.2	Selbstgeführte Stromrichter	141
6.2.1	Löschung eines Thyristors mit parallelgeschaltetem Löschkondensator	142
6.2.2	Gleichstromsteller	144
6.2.3	Selbstgeführte Wechselrichter	150
	U-Wechselrichter mit blockförmiger Ausgangsspannung	150
	U-Wechselrichter mit pulsförmiger Ansteuerung	154
	3-phasiger U-Wechselrichter	157
	I-Wechselrichter mit blockförmigem Ausgangsstrom	160
	Netzwechselrichter für niedrige Gleichspannungen	165
6.2.4	Wechselstromumrichter mit Zwischenkreis	167
	Wechselstromumrichter mit eingepprägtem Zwischenkreisstrom	167
	Wechselstromumrichter mit eingepprägter Zwischenkreisspannung	168
6.2.5	Gleichstromumrichter mit Zwischenkreis, Schaltnetzteile	171
	Sperrwandler	172
	Durchflusswandler	173
6.2.6	Blindleistungsstromrichter	178
6.2.7	Stromrichter als aktive Filter	180
7	Blindleistung und Oberschwingungen	183
7.1	Definition der Blindleistung	183
7.2	Entstehung von Blindleistung und Kompensationsanlagen	186
7.3	Steuerblindleistung	186
7.4	Kommutierungsblindleistung	187
7.5	Entstehung von Oberschwingungen, Saugkreise	187
7.6	Elektromagnetische Verträglichkeit	190
8	Anwendungsbeispiele	193
8.1	Ein- und Ausschalten von Strömen bzw. Spannungen	194
8.2	Wechselstromantriebe und Dimmer (Verändern des Spannungsmittelwertes) ..	195
8.3	Umwandeln von Wechselstrom in Gleichstrom (Gleichrichten)	195
8.4	Drehzahlgeregelte Gleichstromantriebe	196
8.5	Umwandeln von Drehstrom in Gleichstrom (Gleichrichten)	197
8.6	Drehstromantriebe (Umwandeln der 50-Hz-Netzspannung in eine Spannung variabler Frequenz)	198
	8.6.1 Drehzahlgeregelte Asynchron- und Synchronmotoren	199
	8.6.2 Bahnantriebe (Umwandeln der 16 ² / ₃ -Hz-Bahnnetzspannung in eine Spannung variabler Frequenz)	199
8.7	Inselwechselrichter (Umwandeln von Gleichstrom in Wechsel- bzw. Drehstrom)	200
8.8	Photovoltaik-Wechselrichter (Einspeisen von Gleichstrom in ein Wechsel- bzw. Drehstromnetz)	200
9	Datenblätter	201
	Literaturverzeichnis	243
	Stichwortverzeichnis	245