

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Grundlagen der Elektrotechnik</b>	1
1.1 Gleichstrom	1
1.1.1 Elektrische Größen und Grundgesetze	1
1.1.1.1 Physikalische Grundlagen	1
1.1.1.2 Stromkreis, Wirkungen des elektrischen Stroms	7
1.1.1.3 Elektrischer Widerstand	8
1.1.1.4 Kirchhoffsche Regeln	13
1.1.2 Gleichstromkreise	17
1.1.2.1 Widerstandsschaltungen	17
1.1.2.2 Elektrische Spannungsquellen	21
1.1.2.3 Berechnung von Gleichstrom-Netzwerken	25
1.1.2.4 Messungen im elektrischen Stromkreis	29
1.2 Elektrisches Feld und magnetisches Feld	34
1.2.1 Elektrisches Feld	34
1.2.1.1 Größen des elektrischen Feldes, Kondensator	34
1.2.1.2 Influenz und Polarisation	36
1.2.1.3 Schaltung von Kondensatoren	37
1.2.1.4 Ladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes	38
1.2.2 Magnetisches Feld	42
1.2.2.1 Wirkungen im magnetischen Feld	42
1.2.2.2 Magnetische Feldstärke	43
1.2.2.3 Magnetische Flussdichte (Induktion)	45
1.2.2.4 Magnetischer Fluss, Durchflutungsgesetz	47
1.2.2.5 Magnetische Hysterese, Energie des Magnetfeldes	49
1.2.3 Kräfte und Spannungserzeugung im magnetischen Feld	52
1.2.3.1 Kräfte im Magnetfeld	52
1.2.3.2 Lenzsche Regel, Induktionsgesetz	55
1.2.3.3 Spannungserzeugung durch Selbstinduktion, Induktivität	56
1.2.3.4 Transformatorische und rotatorische Spannungserzeugung	58
1.2.3.5 Wirbelströme	61
1.3 Wechselstrom und Drehstrom	63
1.3.1 Wechselgrößen und Grundgesetze	63
1.3.1.1 Sinusförmige Wechselgrößen (Sinusgrößen)	63
1.3.1.2 Belastungsarten im Wechselstromkreis	65
1.3.1.3 Darstellung von Wechselgrößen im Zeigerbild	69
1.3.1.4 Leistung, Leistungsfaktor, Arbeit	70
1.3.2 Wechselstromkreise	73
1.3.2.1 Kirchhoffsche Regeln bei Wechselstrom	73
1.3.2.2 Wechselstromschaltungen mit R, L und C	75
1.3.2.3 Schwingkreise	79
1.3.2.4 Komplexe Berechnung von Wechselstromschaltungen	83
1.3.2.5 Messungen bei Wechselstrom	87
1.3.3 Drehstrom	91
1.3.3.1 Drehstromsysteme	91

1.3.3.2	Elektrische Größen bei Stern- und Dreieckschaltung .....	94
1.3.3.3	Messungen im Drehstromnetz .....	98
<b>2</b>	<b>Elektronik .....</b>	<b>105</b>
2.1	Grundlagen und Bauelemente der Elektronik .....	105
2.1.1	Allgemeine elektrische Bauelemente .....	105
2.1.1.1	Widerstände .....	105
2.1.1.2	Spulen .....	107
2.1.1.3	Kondensatoren .....	108
2.1.2	Grundbegriffe der Halbleitertechnik .....	109
2.1.2.1	Trägerbewegung in Halbleitern .....	110
2.1.2.2	Störstellenleitfähigkeit .....	110
2.1.2.3	PN-Übergang .....	111
2.1.2.4	Eigenschaften des PN-Übergangs .....	112
2.1.3	Halbleiterbauelemente ohne Sperrschicht .....	113
2.1.3.1	Thermistoren .....	113
2.1.3.2	Varistoren .....	114
2.1.3.3	Fotowiderstände .....	116
2.1.3.4	Magnetfeldabhängige Bauelemente .....	116
2.1.3.5	Flüssigkristallzellen .....	118
2.1.4	Halbleiterbauelemente mit Sperrschichten .....	118
2.1.4.1	Dioden .....	118
2.1.4.2	Bipolare Transistoren .....	122
2.1.4.3	Feldeffekttransistoren .....	126
2.1.4.4	Optoelektronische Bauelemente .....	128
2.1.4.5	Thyristoren .....	129
2.1.5	Elektronen- und Gasentladungsrohren .....	133
2.1.5.1	Elektronenröhren .....	133
2.1.5.2	Gasentladungsrohren .....	135
2.1.6	Kühlung und Schutzmaßnahmen bei Halbleiterbauelementen .....	137
2.1.6.1	Verluste und Erwärmung .....	137
2.1.6.2	Kühlkörper .....	138
2.1.6.3	Schutzmaßnahmen für Halbleiter .....	140
2.2	Baugruppen der Elektronik .....	141
2.2.1	Gleichrichterschaltungen .....	141
2.2.1.1	Wechselstromschaltungen .....	141
2.2.1.2	Drehstromschaltungen .....	143
2.2.1.3	Glättungs- und Siebglieder .....	143
2.2.1.4	Netzteile .....	147
2.2.2	Verstärker .....	150
2.2.2.1	Transistorgrundschaltungen .....	150
2.2.2.2	Emitterschaltung .....	150
2.2.2.3	Differenzverstärker .....	154
2.2.2.4	Steuerschaltungen mit Transistoren .....	154
2.2.3	Generator- und Kippschaltungen .....	156
2.2.3.1	Schalterbetrieb des Transistors .....	156
2.2.3.2	Kippschaltungen .....	157
2.2.3.3	Sinusgeneratoren .....	160

2.2.4	Integrierte Schaltungen .....	161
2.2.4.1	Aufbau elektronischer Schaltungen .....	161
2.2.4.2	Operationsverstärker .....	164
2.2.4.3	Beschaltung von Operationsverstärkern .....	165
2.2.4.4	Einsatz einer integrierten Schaltung .....	169
<b>3</b>	<b>Elektrische Messtechnik .....</b>	<b>171</b>
3.1	Grundlagen der elektrischen Messtechnik .....	171
3.1.1	Allgemeine Angaben .....	171
3.1.1.1	Messwerterfassung .....	171
3.1.1.2	Betriebsdaten von Messgeräten .....	171
3.1.1.3	Auswahl eines Messgerätes .....	173
3.1.2	Einsatz elektrischer Messgeräte .....	175
3.1.2.1	Strom- und spannungsrichtige Messung .....	175
3.1.2.2	Innenwiderstände von Messgeräten .....	175
3.1.2.3	Messbereichserweiterung .....	176
3.2	Elektrische Messgeräte .....	179
3.2.1	Elektromechanische Messwerke .....	179
3.2.1.1	Dreheisenmesswerke .....	179
3.2.1.2	Drehspulmesswerke .....	179
3.2.1.3	Elektrodynamische Messwerke .....	182
3.2.1.4	Induktions-(Ferraris-)Messwerk .....	182
3.2.2	Messwandler .....	183
3.2.2.1	Zangenstrommesser .....	183
3.2.2.2	Strom- und Spannungswandler .....	184
3.2.3	Elektronische Messgeräte .....	185
3.2.3.1	Digitalmultimeter .....	185
3.2.3.2	Oszilloskope .....	186
3.3	Digital-Messtechnik .....	188
3.3.1	Baugruppen digitaler Messgeräte .....	188
3.3.1.1	Analog/Digital-Umsetzer .....	188
3.3.1.2	Codierung .....	190
3.3.1.3	Speicher und Zählschaltungen .....	190
3.3.2	Digitale Messgeräte .....	192
3.3.2.1	Zähler .....	192
3.3.2.2	Multimeter .....	193
3.3.2.3	Transientenspeicher .....	193
3.4	Elektrische Messung nichtelektrischer Größen .....	195
3.4.1	Messwertgeber für mechanische Beanspruchungen .....	195
3.4.1.1	Verfahren der Drehzahlmessung .....	195
3.4.1.2	Verfahren der Drehmomentbestimmung .....	197
3.4.1.3	Bestimmung von Kraft, Druck und Schwingungen .....	199
3.4.2	Messwertaufnehmer für nichtmechanische Größen .....	201
3.4.2.1	Bestimmung der Beleuchtungsstärke .....	201
3.4.2.2	Bestimmung von Temperaturen .....	201
3.4.2.3	Zeitmessung .....	202
3.4.2.4	Bestimmung von Geräuschen .....	203

<b>4 Elektrische Maschinen und Leistungselektronik</b> .....	205
4.1 Gleichstrommaschinen .....	205
4.1.1 Aufbau und Wirkungsweise .....	205
4.1.1.1 Aufbau .....	205
4.1.1.2 Motor- und Generatorbetrieb .....	209
4.1.1.3 Leistungsbilanz .....	210
4.1.1.4 Anschlussbezeichnungen und Schaltungen .....	211
4.1.2 Betriebsverhalten und Drehzahlsteuerung .....	212
4.1.2.1 Leerlauf und Selbsterregung .....	212
4.1.2.2 Gleichstrommotoren mit Fremderregung .....	213
4.1.2.3 Verfahren der Drehzahlsteuerung .....	216
4.1.2.4 Gleichstrom-Reihenschlussmotoren .....	220
4.2 Transformatoren .....	224
4.2.1 Wechselstromtransformatoren .....	224
4.2.1.1 Aufbau .....	224
4.2.1.2 Kenngrößen und Ersatzschaltbild .....	224
4.2.1.3 Betriebsverhalten .....	227
4.2.1.4 Sondertransformatoren .....	231
4.2.2 Drehstromtransformatoren .....	233
4.2.2.1 Bauart und Schaltung .....	233
4.2.2.2 Kenngrößen und Betriebsverhalten .....	236
4.3 Drehstrom-Asynchronmaschinen .....	239
4.3.1 Aufbau und Wirkungsweise .....	239
4.3.1.1 Ständer und Drehstromwicklung .....	239
4.3.1.2 Läufer .....	241
4.3.1.3 Asynchrones Drehmoment .....	243
4.3.1.4 Linearmotoren .....	244
4.3.2 Betriebsverhalten und Drehzahlsteuerung .....	245
4.3.2.1 Kennlinien und Kenngrößen .....	245
4.3.2.2 Anlassen .....	251
4.3.2.3 Drehzahlsteuerung .....	255
4.4 Drehstrom-Synchronmaschinen .....	260
4.4.1 Aufbau und Wirkungsweise .....	260
4.4.1.1 Ständer und Läufer .....	260
4.4.1.2 Kennlinien und Ersatzschaltung .....	262
4.4.2 Betriebsverhalten im Netzbetrieb .....	264
4.4.2.1 Synchronisation .....	264
4.4.2.2 Wirk- und Blindlaststeuerung .....	265
4.4.2.3 Drehzahlsteuerung .....	266
4.4.2.4 Positionierantriebe .....	267
4.5 Wechselstrommotoren .....	268
4.5.1 Universalmotoren .....	268
4.5.1.1 Schaltung und Einsatz .....	268
4.5.1.2 Betriebsverhalten .....	269
4.5.2 Wechselstrommotoren mit Hilfswicklung .....	269
4.5.2.1 Spaltpolmotoren .....	270
4.5.2.2 Kondensatormotoren .....	270
4.5.3 Schrittmotoren .....	272

4.5.3.1	Aufbau und Wirkungsweise .....	272
4.5.3.2	Betriebsdaten .....	273
4.6	Leistungselektronik .....	274
4.6.1	Stromrichterschaltungen für Gleichstromantriebe .....	275
4.6.1.1	Netzgeführte Stromrichter .....	275
4.6.1.2	Gleichstromsteller .....	279
4.6.2	Stromrichterschaltungen für Wechsel- und Drehstromantriebe .....	282
4.6.2.1	Wechsel- und Drehstromsteller .....	282
4.6.2.2	Untersynchrone Stromrichterkaskade .....	284
4.6.2.3	Frequenzumrichter .....	285
4.6.3	Netzrückwirkungen von Stromrichteranlagen .....	286
4.6.3.1	Steuerblindleistung .....	286
4.6.3.2	Oberschwingungen .....	287
4.6.3.3	Störspannungen und EMV .....	289
<b>5</b>	<b>Elektrische Antriebe und Steuerungen .....</b>	<b>293</b>
5.1	Standardisierung und Normvorschriften .....	293
5.1.1	Äußere Gestaltung .....	293
5.1.1.1	Baugrößen .....	293
5.1.1.2	Bauformen .....	294
5.1.1.3	Schutzarten .....	294
5.1.2	Betriebsbedingungen .....	295
5.1.2.1	Betriebsarten .....	295
5.1.2.2	Leistungsschild .....	296
5.1.2.3	Prüfung elektrischer Maschinen .....	297
5.2	Planung und Berechnung von Antrieben .....	298
5.2.1	Stationärer Betrieb .....	298
5.2.1.1	Momentengleichung des elektrischen Antriebs .....	298
5.2.1.2	Betriebskennlinien von Elektromotoren .....	301
5.2.1.3	Betriebskennlinien von Arbeitsmaschinen .....	302
5.2.1.4	Schwungmassen von Motor und Arbeitsmaschine .....	305
5.2.2	Dynamik des Antriebs .....	308
5.2.2.1	Anlauf .....	308
5.2.2.2	Bremsen .....	310
5.2.3	Bemessung des Motors .....	313
5.2.3.1	Zulässiges Motormoment .....	313
5.2.3.2	Berechnung der Erwärmung .....	314
5.3	Steuerungstechnik .....	320
5.3.1	Schaltgeräte und Kontaktsteuerungen .....	320
5.3.1.1	Schalter, Schütze und Sicherungen .....	320
5.3.1.2	Schaltpläne .....	323
5.3.1.3	Festverdrahtete Steuerungen .....	326
5.3.2	Grundlagen elektronischer Steuerungen .....	327
5.3.2.1	Logische Grundverknüpfungen .....	328
5.3.2.2	Kombinationen der Grundverknüpfungen .....	329
5.3.2.3	Speicherschaltungen .....	330
5.3.2.4	Schaltungstechnik .....	332
5.3.3	Grundlagen speicherprogrammbarer Steuerungen .....	333

5.3.3.1	Aufbau einer SPS .....	333
5.3.3.2	Einführung in die Programmiertechnik .....	335
5.3.3.3	Drehrichtungsumkehr eines Motors mit SPS .....	339
5.3.3.4	Feldbussysteme .....	341
<b>6</b>	<b>Elektrische Energieversorgung .....</b>	<b>343</b>
6.1	Erzeugung elektrischer Energie .....	343
6.1.1	Energiewirtschaft .....	343
6.1.1.1	Energiewandlung .....	343
6.1.1.2	Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie .....	343
6.1.2	Kraftwerke .....	346
6.1.2.1	Thermische Kraftwerke .....	346
6.1.2.2	Wasserkraftwerke .....	350
6.1.2.3	Regenerative Energieerzeugung .....	351
6.2	Energieübertragung .....	354
6.2.1	Elektrische Netze .....	354
6.2.1.1	Stromversorgungsanlagen .....	354
6.2.1.2	Verbundbetrieb .....	355
6.2.2	Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen .....	356
6.2.2.1	Allgemeine Grundsätze .....	356
6.2.2.2	Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag .....	357
<b>Berechnung der Aufgaben .....</b>	<b>361</b>	
<b>Gesetzliche Einheiten und Formeln .....</b>	<b>367</b>	
<b>Literatur .....</b>	<b>370</b>	
<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>371</b>	