

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen der Elektrotechnik	1
1.1	Gleichstrom	1
1.1.1	Elektrische Größen und Grundgesetze	1
1.1.1.1	Physikalische Grundlagen	1
1.1.1.2	Elektrischer Stromkreis	9
1.1.1.3	Elektrischer Widerstand	11
1.1.1.4	Kirchhoffsche Regeln	18
1.1.2	Gleichstromkreise	24
1.1.2.1	Widerstandsschaltungen	24
1.1.2.2	Elektrische Spannungsquellen	30
1.1.2.3	Berechnung von Gleichstrom-Netzwerken	35
1.1.2.4	Messungen im elektrischen Stromkreis	41
1.2	Elektrisches Feld und magnetisches Feld	47
1.2.1	Elektrisches Feld	47
1.2.1.1	Größen des elektrischen Feldes, Kondensator	47
1.2.1.2	Influenz und Polarisierung	49
1.2.1.3	Schaltung von Kondensatoren	51
1.2.1.4	Ladung von Kondensatoren, Energie des elektrischen Feldes	52
1.2.2	Magnetisches Feld	58
1.2.2.1	Wirkungen im magnetischen Feld	58
1.2.2.2	Magnetische Feldstärke	60
1.2.2.3	Magnetische Flussdichte (Induktion)	63
1.2.2.4	Magnetischer Fluss, Durchflutungsgesetz	66
1.2.2.5	Magnetische Hysterese, Energie des Magnetfeldes	68
1.2.3	Kräfte und Spannungserzeugung im magnetischen Feld	73
1.2.3.1	Kräfte im Magnetfeld	73
1.2.3.2	Spannungserzeugung durch Selbstinduktion, Induktivität	78

1.2.3.3	Transformatorische und rotatorische Spannungserzeugung	81
1.2.3.4	Wirbelströme	84
1.3	Wechselstrom und Drehstrom	87
1.3.1	Wechselgrößen und Grundgesetze	87
1.3.1.1	Sinusförmige Wechselgrößen (Sinusgrößen)	87
1.3.1.2	Belastungsarten im Wechselstromkreis	89
1.3.1.3	Darstellung von Wechselgrößen im Zeigerbild	94
1.3.1.4	Leistung, Leistungsfaktor, Arbeit	97
1.3.2	Wechselstromkreise	101
1.3.2.1	Kirchhoffsche Regeln bei Wechselstrom	101
1.3.2.2	Wechselstromschaltungen mit R , L und C	103
1.3.2.3	Schwingkreise	108
1.3.2.4	Komplexe Berechnung von Wechselstromschaltungen	114
1.3.2.5	Messungen bei Wechselstrom	119
1.3.3	Drehstrom	126
1.3.3.1	Drehstromsysteme	126
1.3.3.2	Elektrische Größen bei Stern- und Dreieckschaltung	129
1.3.3.3	Messungen im Drehstromnetz	135
	Literatur	145
2	Elektronik	147
2.1	Grundlagen und Bauelemente der Elektronik	148
2.1.1	Allgemeine elektrische Bauelemente	148
2.1.1.1	Widerstände	148
2.1.1.2	Spulen	150
2.1.1.3	Kondensatoren	151
2.1.2	Grundbegriffe der Halbleitertechnik	153
2.1.2.1	Trägerbewegung in Halbleitern	154
2.1.2.2	Störstellenleitfähigkeit	154
2.1.2.3	PN-Übergang	156
2.1.2.4	Eigenschaften des PN-Übergangs	156
2.1.3	Halbleiterbauelemente ohne Sperrschicht	158
2.1.3.1	Thermistoren	158
2.1.3.2	Varistoren	160
2.1.3.3	Fotowiderstände	161
2.1.3.4	Magnetfeldabhängige Bauelemente	162
2.1.3.5	Flüssigkristallzellen	164
2.1.4	Halbleiterbauelemente mit Sperrschichten	165
2.1.4.1	Dioden	165
2.1.4.2	Bipolare Transistoren	170
2.1.4.3	Feldeffekttransistoren	174

2.1.4.4	Optoelektronische Bauelemente	177
2.1.4.5	Thyristoren	178
2.1.5	Elektronen- und Gasentladungsröhren	182
2.1.5.1	Elektronenröhren	182
2.1.5.2	Gasentladungsröhren	186
2.1.6	Kühlung und Schutzmaßnahmen bei Halbleiterbauelementen . . .	188
2.1.6.1	Verluste und Erwärmung	188
2.1.6.2	Kühlkörper	189
2.1.6.3	Schutzmaßnahmen für Halbleiter	191
2.2	Baugruppen der Elektronik	192
2.2.1	Gleichrichterschaltungen	192
2.2.1.1	Wechselstromschaltungen	193
2.2.1.2	Drehstromschaltungen	195
2.2.1.3	Glättungs- und Siebglieder	196
2.2.1.4	Netzteile	201
2.2.2	Verstärker	203
2.2.2.1	Transistorgrundschaltungen	203
2.2.2.2	Emitterschaltung	204
2.2.2.3	Differenzverstärker	208
2.2.2.4	Steuerschaltungen mit Transistoren	209
2.2.3	Generator- und Kippschaltungen	211
2.2.3.1	Schalterbetrieb des Transistors	211
2.2.3.2	Kippschaltungen	213
2.2.3.3	Sinusgeneratoren	215
2.2.4	Integrierte Schaltungen	217
2.2.4.1	Aufbau elektronischer Schaltungen	217
2.2.4.2	Operationsverstärker	220
2.2.4.3	Beschaltung von Operationsverstärkern	222
2.2.4.4	Einsatz einer integrierten Schaltung	226
Literatur		228
3	Elektrische Messtechnik	229
3.1	Grundlagen der elektrischen Messtechnik	229
3.1.1	Allgemeine Angaben	229
3.1.1.1	Messwerterfassung	229
3.1.1.2	Betriebsdaten von Messgeräten	230
3.1.1.3	Auswahl eines Messgerätes	233
3.1.2	Einsatz elektrischer Messgeräte	234
3.1.2.1	Strom- und spannungsrichtige Messung	234
3.1.2.2	Innenwiderstände von Messgeräten	235
3.1.2.3	Messbereichserweiterung	236

3.2	Elektrische Messgeräte	238
3.2.1	Elektromechanische Messgeräte	238
3.2.1.1	Klassische Strom- und Spannungsmesser	238
3.2.1.2	Bestimmung von Arbeit (Energie)	240
3.2.2	Messwandler	242
3.2.2.1	Zangenstrommesser	242
3.2.2.2	Strom- und Spannungswandler	243
3.2.3	Elektronische Messgeräte	244
3.2.3.1	Digitalmultimeter	244
3.2.3.2	Oszilloskope	244
3.3	Digital-Messtechnik	247
3.3.1	Baugruppen digitaler Messgeräte	248
3.3.1.1	Analog/Digital-Umsetzer	248
3.3.1.2	Codierung	250
3.3.1.3	Speicher und Zähschaltungen	250
3.3.2	Digitale Messgeräte	252
3.3.2.1	Zähler	252
3.3.2.2	Multimeter	253
3.3.2.3	Transientenspeicher	254
3.4	Elektrische Messung nichtelektrischer Größen	255
3.4.1	Messwertgeber für mechanische Beanspruchungen	256
3.4.1.1	Verfahren der Drehzahlmessung	256
3.4.1.2	Verfahren der Drehmomentbestimmung	258
3.4.1.3	Bestimmung von Kraft, Druck und Schwingungen	260
3.4.2	Messwertaufnehmer für nichtmechanische Größen	263
3.4.2.1	Bestimmung der Beleuchtungsstärke	263
3.4.2.2	Bestimmung von Temperaturen	263
3.4.2.3	Zeitmessung	265
3.4.2.4	Bestimmung von Geräuschen	266
	Literatur	268
4	Elektrische Maschinen	269
4.1	Gleichstrommaschinen	269
4.1.1	Aufbau und Wirkungsweise	269
4.1.1.1	Aufbau	269
4.1.1.2	Motor- und Generatorbetrieb	274
4.1.1.3	Leistungsbilanz	275
4.1.1.4	Anschlussbezeichnungen und Schaltungen	277
4.1.2	Betriebsverhalten und Drehzahlsteuerung	278
4.1.2.1	Leerlauf und Selbsterregung	278
4.1.2.2	Gleichstrommotoren mit Fremderregung	279
4.1.2.3	Verfahren der Drehzahlsteuerung	283
4.1.2.4	Gleichstrom-Reihenschlussmotoren	288

4.2	Transformatoren	292
4.2.1	Wechselstromtransformatoren	292
4.2.1.1	Aufbau	292
4.2.1.2	Kenngrößen und Ersatzschaltbild	293
4.2.1.3	Betriebsverhalten	295
4.2.1.4	Sondertransformatoren	300
4.2.2	Drehstromtransformatoren	304
4.2.2.1	Bauart und Schaltung	304
4.2.2.2	Kenngrößen und Betriebsverhalten	307
4.3	Drehstrom-Asynchronmaschinen	312
4.3.1	Aufbau und Wirkungsweise	312
4.3.1.1	Ständer und Drehstromwicklung	312
4.3.1.2	Läufer	315
4.3.1.3	Asynchrones Drehmoment	316
4.3.1.4	Linearmotoren	318
4.3.2	Betriebsverhalten und Drehzahlsteuerung	320
4.3.2.1	Kennlinien und Kenngrößen	320
4.3.2.2	Anlassen	327
4.3.2.3	Drehzahlsteuerung	331
4.4	Drehstrom-Synchronmaschinen	338
4.4.1	Aufbau und Wirkungsweise	338
4.4.1.1	Ständer und Läufer	338
4.4.1.2	Kennlinien und Ersatzschaltung	340
4.4.2	Betriebsverhalten im Netzbetrieb	342
4.4.2.1	Synchronisation	342
4.4.2.2	Wirk- und Blindlaststeuerung	344
4.4.2.3	Synchronmaschinen als Industrieantrieb	345
4.4.2.4	Positionierantriebe	348
4.5	Wechselstrommotoren	349
4.5.1	Universalmotoren	349
4.5.1.1	Schaltung und Einsatz	349
4.5.1.2	Betriebsverhalten	349
4.5.2	Wechselstrommotoren mit Hilfswicklung	350
4.5.2.1	Spaltpolmotoren	351
4.5.2.2	Kondensatormotoren	351
4.5.3	Schrittmotoren	353
4.5.3.1	Aufbau und Wirkungsweise	353
4.5.3.2	Betriebsdaten	354
4.6	Leistungselektronik	355
4.6.1	Stromrichterschaltungen für Gleichstromantriebe	356
4.6.1.1	Netzgeführte Stromrichter	357
4.6.1.2	Gleichstromsteller	361

4.6.2	Stromrichterschaltungen für Wechsel- und Drehstromantriebe . .	365
4.6.2.1	Wechsel- und Drehstromsteller	365
4.6.2.2	Untersynchrone Stromrichteraskade	367
4.6.2.3	Frequenzumrichter	368
4.6.3	Netzurückwirkungen von Stromrichteranlagen	370
4.6.3.1	Steuerblindleistung	370
4.6.3.2	Oberschwingungen	371
4.6.3.3	Störspannungen und EMV	373
	Literatur	377
5	Elektrische Antriebe und Steuerungen	379
5.1	Standardisierung und Normvorschriften	379
5.1.1	Äußere Gestaltung	380
5.1.1.1	Baugrößen	380
5.1.1.2	Bauformen	380
5.1.1.3	Schutzarten	380
5.1.2	Betriebsbedingungen	382
5.1.2.1	Betriebsarten	382
5.1.2.2	Leistungsschild	383
5.1.2.3	Prüfung elektrischer Maschinen	384
5.2	Planung und Berechnung von Antrieben	386
5.2.1	Stationärer Betrieb	386
5.2.1.1	Momentengleichung des elektrischen Antriebs	386
5.2.1.2	Betriebskennlinien von Elektromotoren	388
5.2.1.3	Betriebskennlinien von Arbeitsmaschinen	390
5.2.1.4	Schwungmassen von Motor und Arbeitsmaschine	394
5.2.2	Dynamik des Antriebs	397
5.2.2.1	Anlauf	398
5.2.2.2	Bremsen	400
5.2.3	Bemessung des Motors	403
5.2.3.1	Zulässiges Motormoment	403
5.2.3.2	Berechnung der Erwärmung	404
5.3	Steuerungstechnik	412
5.3.1	Schaltgeräte und Kontaktsteuerungen	412
5.3.1.1	Schalter, Schütze und Sicherungen	412
5.3.1.2	Schaltpläne	416
5.3.1.3	Festverdrahtete Steuerungen	420
5.3.2	Grundlagen elektronischer Steuerungen	422
5.3.2.1	Logische Grundverknüpfungen	422
5.3.2.2	Kombinationen der Grundverknüpfungen	424
5.3.2.3	Speicherschaltungen	425
5.3.2.4	Schaltungstechnik	427

5.3.3	Grundlagen speicherprogrammierbarer Steuerungen	428
5.3.3.1	Aufbau einer SPS	429
5.3.3.2	Einführung in die Programmiertechnik	430
5.3.3.3	Drehrichtungsumkehr eines Motors mit SPS	435
5.3.3.4	Feldbussysteme	436
Literatur		439
6	Elektrische Energieversorgung	441
6.1	Erzeugung elektrischer Energie	441
6.1.1	Energiewirtschaft	441
6.1.1.1	Energiewandlung	441
6.1.1.2	Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie	442
6.1.2	Kraftwerke	445
6.1.2.1	Thermische Kraftwerke	445
6.1.2.2	Wasserkraftwerke	449
6.1.2.3	Regenerative Energieerzeugung	451
6.1.2.4	Entwicklung der Energietechnik	455
6.2	Energieübertragung	457
6.2.1	Elektrische Netze	457
6.2.1.1	Stromversorgungsanlagen	457
6.2.1.2	Verbundbetrieb	458
6.2.2	Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen	458
6.2.2.1	Allgemeine Grundsätze	458
6.2.2.2	Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	461
Literatur		464
	Berechnung der Aufgaben	467
	Gesetzliche Einheiten und Formelzeichen	473
	Index	475