

Inhaltsverzeichnis

1	Elektrotechnische Grundlagen	1
1.1	Spannung, Strom und Widerstand	2
1.1.1	Spannungsquellen	2
1.1.2	Einfacher Stromkreis	5
1.1.3	Spannung	6
1.2	Messen mit Messinstrumenten	9
1.2.1	Spannungs- und Strommessbereich	11
1.2.2	Messung von Wechselspannungen und -strömen mit Zeigerinstrumenten	16
1.3	Messen mit Oszilloskop	17
1.3.1	Messungen von Spannungen mittels Oszilloskop	21
1.3.2	Darstellung von Kennlinien	26
1.3.3	Frequenzmessung mit dem Oszilloskop	28
2	Widerstand, Kondensator und Spule	31
2.1	Widerstand	32
2.1.1	Stromdichte	35
2.1.2	Elektrische Leistung und Arbeit	36
2.1.3	Wirkungsgrad	39
2.1.4	Reihenschaltung und Parallelschaltung von Widerständen	40
2.1.5	Gemischte Widerstandsschaltung	44
2.1.6	Spannungsteiler	46
2.1.7	Brückenschaltung	48
2.1.8	Bauformen von Widerständen	49
2.1.9	Drahtwiderstände	51
2.1.10	Schichtwiderstände	52
2.2	Kondensatoren	53
2.2.1	Elektrisches Feld	54
2.2.2	Kapazität und Kondensator	55
2.2.3	Laden eines Kondensators	57
2.2.4	Entladung eines Kondensators	59

2.2.5	Bauarten von Kondensatoren	60
2.2.6	Energie des elektrischen Feldes	62
2.3	Elektromagnetismus und Induktivität	64
2.3.1	Magnetismus und magnetisches Feld	66
2.3.2	Durchflutung und magnetische Spannung	68
2.3.3	Magnetische Flussdichte	69
2.3.4	Magnetischer Fluss	70
2.3.5	Elektrodynamisches Prinzip	70
2.3.6	Induktion	72
2.3.7	Selbstinduktion	73
2.3.8	Induktivitäten im Gleichstromkreis	73
2.3.9	Aufbau eines Relais	75
2.3.10	Schütz	77
3	Drehstrommotoren	81
3.1	Wirkungsweise eines Drehstrommotors	83
3.1.1	Asynchronmotor	85
3.1.2	Schlupf, Moment und Drehzahl	89
3.1.3	Wirkungsgrad und Verlust	92
3.1.4	Arbeitsweise eines Synchronmotors	96
3.1.5	Asynchronmotor	98
3.1.6	Sterndreieckschaltung	104
3.1.7	Asynchronmotor mit Schleifringläufer	106
3.1.8	Motoren mit polumschaltbaren Wicklungen	112
3.2	Formeln der Antriebstechnik	118
3.2.1	Grundbewegungen	118
3.2.2	Statische oder dynamische Leistung	123
3.2.3	Widerstandskräfte	124
3.2.4	Drehmomente	125
3.2.5	Leistung	125
3.2.6	Wirkungsgrad	125
3.2.7	Spindelberechnung	126
3.2.8	Spezielle Formeln	127
3.2.9	Legende der Formelsammlung	128
3.3	Berechnungen von Anwendungsbeispielen	130
3.3.1	Projektierung eines Fahrtriebs	130
3.3.2	Fahrtrieb mit zwei Geschwindigkeiten	140
3.3.3	Hubantrieb	145
3.4	Absicherung mechanischer und elektrischer Gefahren	151
3.4.1	NOT-AUS-Einrichtungen	152
3.4.2	Mechanische Schalter in der Elektrotechnik	153
3.4.3	Nockenschalter	155

3.4.4	Leistungsschalter	159
3.4.5	Schütze	163
3.4.6	Elektromechanischer Schütz	166
3.4.7	Haupt- und Steuerstromkreise	169
3.4.8	Haupt- mit Hilfsstromkreis	171
3.4.9	Redundanz im Ein- und Ausgangskreis	175
3.5	Überstromschutzeinrichtungen	177
3.5.1	Sicherungsautomaten	177
3.5.2	Schmelzsicherungen	179
3.6	Betriebsarten von Motoren nach IEC 34 (EN 60034)	183
3.7	Schutzart	186
3.8	Wicklungsschutz	187
3.8.1	Dimensionierung des Motors	188
3.8.2	Sanftanlauf und Sanftumschaltung	189
4	Drehstromantriebe mit Frequenzumrichter	193
4.1	Frequenzumrichter mit Gleichspannungs-Zwischenkreis	193
4.1.1	Betriebskennlinien und Frequenzbereiche	195
4.1.2	Motordimensionierung und Kühlung	197
4.1.3	Getriebemotoren mit integriertem Frequenzumrichter	200
4.1.4	Projektierung mit Frequenzumrichtern	202
4.2	Antriebe mit mechanischen Getrieben	203
4.2.1	Quer- und Axialkräfte	204
4.2.2	Wirkungsgrad der Getriebe	207
4.2.3	Auslegung für konstantes Drehmoment	208
4.2.4	Betriebsfaktoren	210
4.2.5	Überlastungsschutz	211
4.3	Getriebemotor	212
4.3.1	Abtriebsdrehzahl und Abtriebsdrehmoment	213
4.3.2	Dimensionierung von spielarmen Planetengetriebemotoren	214
4.4	Elektromagnet-Scheibenbremse	216
4.4.1	Funktion einer gleichstromerregten Scheibenbremse	217
4.4.2	Bremsen für Drehstrommotoren	221
4.4.3	Hinweise zur Projektierung der Bremse	222
4.4.4	NOT-AUS-Eigenschaften	224
4.5	Rechenbeispiel eines Kettenförderers mit Frequenzumrichter	225
4.6	Rechenbeispiel eines Hubantriebs mit Frequenzumrichter	228
4.7	Technische Daten der Bremswiderstände	233
5	Dynamischer Antrieb mit Servomotor	235
5.1	Definition der Servotechnik	235
5.1.1	Technische Entwicklung der Servoantriebe	236

5.1.2	Servoantrieb in der Automatisierung	238
5.1.3	Vergleich der Motoreigenschaften	239
5.1.4	Vergleich prinzipieller Antriebseigenschaften	241
5.1.5	Vergleich von Systemkonfigurationen bei einer Anwendung	243
5.2	Komponenten eines Servosystems	244
5.2.1	Asynchronmotor mit Kurzschlussläufer und feldorientierter Regelung	246
5.2.2	Permanenterregter Synchronmotor	247
5.3	Gebersysteme	251
5.3.1	Vor- und Nachteile der wichtigsten Gebersysteme	252
5.3.2	Permanenterregter Synchronmotor	254
5.3.3	Funktion eines permanenterregten AC-Synchronmotors	255
5.3.4	Stromverhältnisse im Stator	256
5.4	Elektromechanische Not- und Haltebremse	258
5.5	Resolver	261
5.5.1	Verarbeitung und Auswertung der Resolver signale	263
5.5.2	Ausgangssignale eines Inkrementalgebers	265
5.6	Servoumrichter für Drehzahl- und Drehmomentregelung	266
5.6.1	Grundkomponenten des modularen Systems	267
5.6.2	Netzmodul für die Stromversorgung	268
5.6.3	Zwischenkreis und Energierückspeisung	271
5.6.4	Serielle Schnittstellen	273
5.6.5	Netzteil für die Elektronikversorgung	274
5.6.6	Achsmodul	274
5.6.7	Wechselrichter und Zwischenkreisspannung	277
5.7	Regelungsstruktur	278
5.8	Drehzahlregler	281
5.8.1	Drehzahlfilter	282
5.8.2	Drehzahlregler mit Vorsteuerung	283
5.8.3	Lageregler	284
5.8.4	Betriebsarten eines Servoumrichters	285
5.8.5	Drehmomentregelung	287
6	Gleichstrom-, Schritt- und Linearmotoren	289
6.1	Gleichstromgenerator	291
6.2	Gleichstrommotoren	298
6.3	Motoren am Einphasennetz (Wechselstrom)	306
6.4	Schrittmotoren	310
6.4.1	Aufbau und Wirkungsweise von Schrittmotoren	310
6.4.2	Drehmoment	314
6.4.3	Aufbau der Steuerelektronik	319
6.5	Linearmotor	322

7	Schaltungen in Halbleitertechnik	331
7.1	Eigenschaften von Halbleiterstoffen	332
7.2	Einschichthalbleiter-Bauelemente	333
7.2.1	NTC-Widerstände (Heißleiter/Thermistoren)	333
7.2.2	PTC-Widerstände (Kaltleiter)	337
7.2.3	Hall- oder Feldplatten (Hallsonden)	340
7.2.4	Fotowiderstände	342
7.2.5	VDR-Widerstand	344
7.3	Dioden (Zweischicht-Halbleiter)	348
7.3.1	Kennlinie einer Diode	349
7.3.2	Messungen und Prüfungen an Dioden	352
7.3.3	Diode als Einweggleichrichter	355
7.3.4	Mittelpunktschaltung	356
7.3.5	Brückengleichrichter	357
7.3.6	Drehstrom-Mittelpunktschaltung	357
7.3.7	Drehstrom- Brückengleichrichter	358
7.3.8	Diode als Schalter	359
7.4	Z-Dioden	360
7.5	LEDs	363
7.6	Transistoren	365
7.6.1	Betrachtungen an einem Transistor	365
7.6.2	Wirkungsweise eines Transistors	367
7.6.3	Bauformen und Anschlussarten bipolarer Transistoren	370
7.6.4	Bezeichnung und Zhrichtung der Ströme und Spannungen eines Transistors	372
7.6.5	Einfache Messungen und Prüfungen an bipolaren Transistoren	374
7.6.6	Messung des Gleichstromverstrkungsfaktors B	376
7.6.7	Transistor als Verstärker	378
7.6.8	Transistor als Schalter	381
7.7	Thyristoren und TRIACs	387
7.7.1	Vierschichtdiode	387
7.7.2	Thyristor	389
7.7.3	DIAC	392
7.7.4	TRIAC	393
7.8	Operationsverstärker	396
7.8.1	Grundprinzip und Kennwerte	397
7.8.2	Invertierender Operationsverstärker	399
7.8.3	Nicht invertierender Operationsverstärker	400
7.8.4	Operationsverstärker als Differenzverstärker	402
7.8.5	Komparator und Schmitt-Trigger	403
7.9	Mikrocontroller	405
7.9.1	Hardware eines Mikrocontrollers	407

7.9.2 Speichereinheiten eines Mikrocontrollers	409
7.9.3 Steuerung von Wechselstromlasten (Motoren)	411
Sachverzeichnis	417