

Inhalt

1	Einführung	11
1.1	Einsatzgebiete	12
1.2	Aufgaben und Betriebszustände elektrischer Maschinen	14
1.3	Bewegungsarten und Bewegungsgleichungen	16
1.4	Antriebe mit fester oder variabler Drehzahl	19
1.5	Antriebsprinzipien	24
2	Mechanische Übertragungselemente	27
2.1	Einführung	27
2.2	Leistungsbilanz und Wirkungsgrad	30
2.3	Drehzahlanpassung und Antriebsoptimierung	30
2.4	Wandlung einer Drehbewegung in eine Linearbewegung	33
2.4.1	Gewindetrieb	33
2.4.2	Zahnriemen	34
2.4.3	Zahnstange-Ritzel	35
2.5	Wirkungsgrade	35
2.6	Umrechnung auf einen Bezugspunkt	36
2.6.1	Elektromechanische Linearachse mit starrer Kopplung	36
2.6.2	Elektromechanische Drehachse mit starrer Kopplung	38
2.7	Beschleunigungsvermögen und Gleichlaufverhalten	39
2.8	Dynamisches Verhalten	42
2.8.1	Grundlagen	42
2.8.2	Linearachse mit elastischer Kopplung	44
3	Grundlagen elektrischer Maschinen	54
3.1	Einführung	54
3.2	Analogien	54
3.3	Physikalische Effekte bei elektromagnetischen Maschinen	55
3.3.1	Lorentzkraft	55
3.3.2	Induktion und Lenz'sche Regel	56
3.3.3	Selbstinduktion	58

3.4	Magnetfelderzeugung und magnetische Werkstoffe	59
3.5	Leistungsverluste	62
3.6	Belastungsprofile, Einschaltdauer und Betriebsarten	64
3.7	Wärmeklassen	68
3.8	Schutzarten.....	69
3.9	Energieeffizienz.....	70
3.10	Bauformen und Befestigung	72
3.11	Bemessungsgrößen	75

4 Gleichstrommotoren 77

4.1	Einführung	77
4.2	Drehmomenterzeugung und Drehmomentgleichung	77
4.3	Spannungsinduktion und Spannungsgleichung	81
4.4	Komponenten.....	83
4.5	Klemmenbezeichnung.....	85
4.6	Fremderregter Gleichstrommotor.....	85
4.6.1	Elektrisches Ersatzschaltbild und beschreibende Gleichungen	86
4.6.2	Statisches Verhalten	87
4.6.3	Feldschwächung.....	89
4.7	Selbsterregter Gleichstrommotor	91
4.8	Permanenterregter Gleichstrommotor	93
4.9	Bürstenloser Gleichstrommotor und EC-Motor	94

5 Schrittmotoren100

5.1	Einführung	100
5.2	Aufbau und Eigenschaften	100
5.3	Wechselpolschrittmotor	102
5.4	Vollschrittbetrieb	103
5.5	Schrittwinkel und Schrittzahl.....	104
5.6	Halbschrittbetrieb.....	105
5.7	Mikroschrittbetrieb	105
5.8	Haltedrehmoment und Selbsthaldedrehmoment	106
5.9	Dynamisches Verhalten	107
5.10	Reluktanzschrittmotor.....	108
5.11	Hybridschrittmotor	109
5.12	Betriebsdiagramm.....	111
5.13	Schrittmotoren im geregelten Betrieb	112

6	Grundlagen Drehstromantriebe	113
6.1	Einführung	113
6.2	Drehspannung und Drehstrom.....	113
6.3	Anschluss von Drehstrommotoren	116
6.4	Sternschaltung	118
6.5	Dreieckschaltung	120
6.6	Vergleich Stern- und Dreieckschaltung.....	121
6.7	Magnetisches Drehfeld	121
6.8	Umrichter.....	128
6.9	Energiemanagement bei umrichterbetriebenen Antrieben	130
7	Synchronmotoren	134
7.1	Einführung	134
7.2	Aufbau und Wirkungsweise	134
7.3	Elektrisches Ersatzschaltbild.....	137
7.4	Spannungsinduktion und Drehmomenterzeugung	139
7.5	Drehmoment-Drehzahl-Diagramm	142
7.6	Leistungsschild	145
7.7	Komponenten eines Servoantriebes	146
7.8	2-phasige Motoren	147
8	Asynchronmotoren	149
8.1	Einführung	149
8.2	Aufbau und Wirkungsweise	149
8.3	Spannungsinduktion und Drehmomenterzeugung	152
8.4	Motorkennlinie und Motorkenngrößen	153
8.5	Normmotoren.....	158
8.6	Anlaufstrombegrenzung.....	158
8.7	Drehzahlvariable Antriebe	160
8.8	Frequenzumrichter.....	162
8.9	Zentrale und dezentrale Antriebstechnik	164
8.10	Feldorientierte Regelung	166
8.11	Betrieb am Wechselspannungsnetz.....	166
9	Positionsmessgeräte.....	171
9.1	Einführung	171
9.2	Drehzahl- und Geschwindigkeitsberechnung.....	174
9.3	Messsignale.....	174

9.4 Unterscheidungsmerkmale	176
9.5 Einheiten bei der Winkelmessung	181
9.6 Photoelektrische Messgeräte	181
9.7 Magnetische Messgeräte	183
9.8 Induktive Messgeräte	185
9.9 Signalauswertung und Übertragung der Positionsinformation	187
9.10 Messgenauigkeit	189

10 Servoantriebe192

10.1 Einführung	192
10.2 Anforderungen und Kenngrößen	193
10.3 Kaskadierte Regelung	198
10.4 Bewegungsprofile	201
10.5 Modellierung mechanischer Übertragungselemente	204
10.6 Mechanisch steife Antriebe	205
10.7 Mechanisch elastische Antriebe	215
10.8 Feldorientierte Regelung	223
10.9 Lineare und rotatorische Direktantriebe	226

A Anhang233

A.1 Weiterführende Informationen	233
A.1.1 Einführung	233
A.1.2 Grundlagen elektrischer Maschinen	234
A.1.3 Gleichstrommotoren	237
A.1.4 Grundlagen Drehstromantriebe	239
A.1.5 Synchronmotoren	243
A.1.6 Asynchronmotoren	245
A.1.7 Positionsmessgeräte	245
A.1.8 Servoantriebe	246
A.2 Übungen	247
A.3 Lösungen der Übungen	262
A.4 Formelzeichen und Einheiten	271
A.5 Griechisches Alphabet	281
A.6 Verwendete Konvertierung und Reihenfolge	282
A.7 Übersicht Symbole und Abkürzungen	283

Literatur285

Index287