

Inhalt

1	Einführung	13
1.1	Einsatzgebiete	14
1.2	Aufgaben und Betriebszustände elektrischer Maschinen	16
1.3	Bewegungsarten und Bewegungsgleichungen	18
1.4	Antriebe mit fester oder variabler Drehzahl	21
1.5	Antriebsprinzipien	26
2	Mechanische Übertragungselemente	30
2.1	Leistungsbilanz und Wirkungsgrad	33
2.2	Drehzahlanpassung und Antriebsoptimierung	33
2.3	Wandlung einer Drehbewegung in eine Linearbewegung	36
2.3.1	Gewindetrieb	36
2.3.2	Zahnriemen	37
2.3.3	Zahnstange-Ritzel	37
2.4	Wirkungsgrade	38
2.5	Umrechnung auf einen Bezugspunkt	38
2.5.1	Elektromechanische Linearachse mit starrer Kopplung	39
2.5.2	Elektromechanische Drehachse mit starrer Kopplung	40
2.6	Beschleunigungsvermögen und Gleichlaufverhalten	41
2.7	Dynamisches Verhalten	44
2.7.1	Grundlagen	44
2.7.2	Linearachse mit elastischer Kopplung	46
3	Grundlagen elektrischer Maschinen	56
3.1	Analogien	56
3.2	Physikalische Effekte bei elektromagnetischen Maschinen	57
3.2.1	Lorentzkraft	57
3.2.2	Induktion und Lenz'sche Regel	58
3.2.3	Reluktanzprinzip	60
3.2.4	Selbstinduktion	62
3.2.5	Dynamisches Verhalten	62
3.3	Magnetfelderzeugung und magnetische Werkstoffe	63
3.4	Leistungsverluste	66

3.5 Belastungsprofile, Einschaltdauer und Betriebsarten	68
3.6 Wärmeklassen	73
3.7 Schutzarten	73
3.8 Energieeffizienz	74
3.9 Bauformen und Befestigung.....	79
3.10 Bemessungsgrößen	82

4 Gleichstrommotoren 84

4.1 Drehmomenterzeugung und Drehmomentgleichung	84
4.2 Spannungsinduktion und Spannungsgleichung	88
4.3 Komponenten	89
4.4 Fremderregter Gleichstrommotor	92
4.4.1 Elektrisches Ersatzschaltbild und beschreibende Gleichungen	92
4.4.2 Statisches Verhalten	94
4.4.3 Feldschwächung	97
4.4.4 Leistungssteuerung.....	98
4.5 Selbsterregter Gleichstrommotor	107
4.6 Permanenterregter Gleichstrommotor	110
4.7 Bürstenloser Gleichstrommotor und EC-Motor	112

5 Schrittmotoren 117

5.1 Aufbau und Eigenschaften.....	117
5.2 Wechsellöserschrittmotor	118
5.3 Vollschrittbetrieb.....	120
5.4 Schrittwinkel und Schrittzahl	121
5.5 Halbschrittbetrieb	121
5.6 Mikroschrittbetrieb	122
5.7 Haltedrehmoment und Selbsthaltungsdrehmoment.....	123
5.8 Dynamisches Verhalten	124
5.9 Reluktanzschrittmotor	125
5.10 Hybridschrittmotor	126
5.11 Betriebsdiagramm	127
5.12 Schrittmotoren im geregelten Betrieb.....	129

6 Grundlagen Drehstromantriebe 130

6.1 Drehspannung und Drehstrom.....	130
6.2 Anschluss von Drehstrommotoren	133
6.3 Sternschaltung	135
6.4 Dreieckschaltung	138

6.5	Vergleich Stern- und Dreieckschaltung	138
6.6	Magnetisches Drehfeld	139
6.7	Wicklungsaufbau	145
6.8	Umrichter	147
6.9	Energiemanagement bei umrichterbetriebenen Antrieben	153

7 Synchronmotoren 157

7.1	Aufbau und Wirkungsweise	157
7.2	Elektrisches Ersatzschaltbild	161
7.3	Spannungsinduktion und Drehmomenterzeugung	162
7.4	Drehmoment-Drehzahl-Diagramm	165
7.5	Leistungsschild	168
7.6	Komponenten eines Servoantriebes	169
7.7	2-phasige Motoren	170

8 Asynchronmotoren 172

8.1	Aufbau und Wirkungsweise	172
8.2	Spannungsinduktion und Drehmomenterzeugung	175
8.3	Elektrisches Ersatzschaltbild	176
8.3.1	Einphasiger Transformator	176
8.3.2	Einphasiges Ersatzschaltbild	180
8.3.3	Stromortskurve	182
8.4	Motorkennlinie und Motorkenngrößen	186
8.5	Normmotoren	190
8.6	Anlaufstrombegrenzung	191
8.7	Drehzahlvariable Antriebe	193
8.8	Frequenzumrichter	194
8.9	Zentrale und dezentrale Antriebstechnik	196
8.10	Feldorientierte Regelung	198
8.11	Betrieb am Wechselspannungsnetz	198

9 Elektromagnetische Direktantriebe 203

9.1	Bauformen	207
9.2	Krafterzeugung und Anziehungskräfte	207
9.3	Flachmotoren und U-förmige Motoren	209
9.4	Tubulare Linearmotoren	213
9.4.1	Aufbau und Funktionsweise	213
9.4.2	Eigenschaften und Anwendungsgebiete	214
9.4.3	Vergleich zwischen pneumatischem und elektrischem Antrieb	215
9.4.4	Antriebssysteme	216

9.5 Tauchspulenantriebe	217
9.5.1 Wirkprinzip und Funktionsweise	217
9.5.2 Bauformen	220
9.5.3 Eigenschaften	221
9.5.4 Einsatzgebiete und Antriebssysteme	221
10 Positionsmessgeräte	224
10.1 Messsignale und Signalauswertung	226
10.2 Messgenauigkeit	231
10.3 Unterscheidungsmerkmale	236
10.4 Übertragung der Positionsinformation	241
10.5 Photoelektrische Messgeräte	245
10.6 Magnetische Messgeräte	246
10.7 Induktive Messgeräte	248
10.8 Thermische Effekte	250
11 Servoantriebe	254
11.1 Anforderungen und Kenngrößen	255
11.2 Kaskadierte Regelung	260
11.3 Stromregelung	264
11.4 Bewegungsprofile	270
11.5 Modellierung mechanischer Übertragungselemente	273
11.6 Mechanisch steife Antriebe	275
11.7 Mechanisch elastische Antriebe	284
11.8 Feldorientierte Regelung	291
11.8.1 Raumzeiger und Koordinatensysteme	292
11.8.2 Permanentenerregter Drehstrom-Synchronmotor	299
A Anhang	306
A.1 Weiterführende Informationen	306
A.1.1 Einführung	306
A.1.2 Grundlagen elektrischer Maschinen	307
A.1.3 Gleichstrommotoren	312
A.1.4 Grundlagen Drehstromantriebe	314
A.1.5 Synchronmotoren	318
A.1.6 Asynchronmotoren	320

A.1.7 Positionsmessgeräte	320
A.1.8 Servoantriebe	321
A.2 Formelzeichen und Einheiten	322
A.3 Griechisches Alphabet	335
A.4 Verwendete Konvertierung und Reihenfolge	336
A.5 Übersicht Symbole und Abkürzungen	337
Literatur	338
Index	339