

Gerätetechnische Antriebe

Herausgegeben von
Eberhard Kallenbach
Gerhard Bögelsack

Mit 252 Bildern und 43 Tafeln



Carl Hanser Verlag München Wien

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	11
1.1	Antriebstechnik und Gerätetechnik	11
1.2	Merkmale von Bewegungsvorgängen	12
1.3	Grundaufbau eines Antriebssystems	15
1.4	Antriebstechnik und Mikroelektronik	16
1.5	Entwicklung von Antriebssystemen	18
2	Elektromechanische Antriebselemente	20
2.1	Einteilung elektromechanischer Antriebselemente	21
2.2	Elektromagnete	21
2.2.1	Allgemeines	21
2.2.2	Gleichstrommagnete	21
2.2.2.1	Grundstruktur	21
2.2.2.2	Ableitung der Magnetkraft mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes	24
2.2.2.3	Berechnung der Magnetkraft realer Elektromagnete	25
2.2.2.4	Kraft-Weg-Kennlinien von Gleichstrommagneten	29
2.2.2.5	Stationäre Eigenschaften geometrisch ähnlicher Gleichstrommagnete	31
2.2.2.6	Berechnung des dynamischen Verhaltens von Gleichstrommagneten	31
2.2.2.7	Bewertung des dynamischen Verhaltens von Gleichstrommagneten mit Hilfe des dynamischen Kennlinienfeldes	36
2.2.2.8	Berechnung der Grenzwerte der Schaltzeiten von Gleichstrommagneten	36
2.2.2.9	Einfluß der Wirbelströme auf das dynamische Verhalten von Gleichstrommagneten	38
2.2.3	Polarisierte Elektromagnete	41
2.2.3.1	Allgemeines	41
2.2.3.2	Magnetkraft polarisierter Elektromagnete	43
2.3	Elektromagnetische Schrittmotoren	45
2.3.1	Allgemeines	45
2.3.2	Konstruktiver Aufbau und Wirkungsweise von elektromagnetischen Schrittmotoren	48
2.3.2.1	Reluktanzschrittmotoren	48
2.3.2.2	Wechselpolschrittmotoren	49
2.3.2.3	Hybridschrittmotoren	50
2.3.2.4	Mehrkoordinatenschrittmotoren	52
2.3.3	Dynamische Eigenschaften von Schrittmotoren	54
2.3.3.1	Allgemeine Bewegungsgleichung	54
2.3.3.2	Schrittmotorencharakteristik	57

2.3.4	Elektronische Schrittteilung	58
2.3.4.1	Prinzip der elektronischen Schrittteilung	58
2.3.4.2	Mathematische Grundlagen der Schrittteilung	59
2.3.5	Erregung von Schrittmotoren	60
2.3.6	Schrittmotoren in Regelkreisen	60
2.3.7	Anwendung von Schrittmotoren	63
2.4	Piezoelektrische Antriebe	63
2.4.1	Einführung	63
2.4.2	Physikalische Grundlagen des Piezoeffektes	63
2.4.2.1	Allgemeines	63
2.4.2.2	Beschreibung der piezoelektrischen Eigenschaften	64
2.4.2.3	Temperaturabhängigkeit, Alterung, Großsignalverhalten	65
2.4.2.4	Abschätzung der physikalischen Leistungsgrenzen piezoelektrischer Antriebselemente	65
2.4.3	Quasistatische piezoelektrische Schrittmotoren	72
2.4.4	Piezokeramische Vibroantriebe	74
2.5	Gleichstrommotoren	78
2.5.1	Wirkungsweise von Gleichstrommotoren	78
2.5.2	Grundgesetze des Gleichstrommotors mit konstantem Erregerfeld	83
2.5.2.1	Stationäre Betriebskennlinien	83
2.5.2.2	Drehzahlstellen des Gleichstrommotors	85
2.5.2.3	Dynamisches Verhalten der Gleichstrommotoren	87
2.5.3	Spezielle Konstruktionen von Gleichstromkleinmotoren	88
2.5.3.1	Elektronikmotor	88
2.5.3.2	Gleichstrommotoren mit Scheibenläufer	90
2.5.3.3	Gleichstrommotor mit Hohlläufer	91
2.5.4	Gleichstromlinearmotoren	92
2.5.4.1	Allgemeines	92
2.5.4.2	Berechnungsgrundlagen	93
2.5.5	Mehrkoordinaten-Gleichstrommotoren	97
2.6	Literaturverzeichnis	102
3	Mechanische Antriebselemente	108
3.1	Begriffsbestimmung	108
3.2	Federantriebe	109
3.2.1	Schraubenfederantriebe	112
3.2.1.1	Dynamische Modelle	112
3.2.1.2	Grundlagen zur Dimensionierung	121
3.2.2	Drehfederantriebe	126
3.2.2.1	Dynamische Modelle	126
3.2.2.2	Grundlagen der Dimensionierung	132
3.2.3	Blattfederantriebe	135
3.2.3.1	Dynamische Modelle	135
3.2.3.2	Grundlagen zur Dimensionierung	138
3.3	Fluidische Antriebe	140
3.3.1	Charakterisierung und Strukturelemente	140

3.3.2	Grundschaltungen	144
3.3.3	Modellierung hydraulischer Antriebe	146
3.3.4	Modellierung pneumatischer Antriebe	149
3.4	Antrieb durch gespeicherte kinetische Energie	153
3.5	Literaturverzeichnis	154
4	Mechanische Übertragungselemente	156
4.1	Antriebsdynamische Zielstellung und Modellbildung	157
4.1.1	Übertragungsfunktion und Übersetzung	158
4.1.2	Massenträgheit	159
4.1.3	Elastizität	160
4.1.4	Dämpfung und Reibung	161
4.1.5	Wirkungsgrad und Leistungsfluß	163
4.1.6	Gelenkspiel	165
4.1.7	Zusammenfassung der Modellelemente und Aufbereitung zur Simulation	166
4.2	Mechanismen mit linearer Übertragungsfunktion	168
4.2.1	Zahnradgetriebe	168
4.2.2	Schraubengetriebe und Profilverwellenpaarung	173
4.2.3	Zugmittelgetriebe	176
4.3	Mechanismen mit nichtlinearer Übertragungsfunktion	177
4.3.1	Kurvengetriebe	178
4.3.2	Koppelgetriebe	180
4.3.3	Schrittgetriebe	185
4.3.3.1	Malteserkreuzgetriebe	186
4.3.3.2	Sternradgetriebe	188
4.4	Mechanismen mit offener kinematischer Kette	191
4.5	Literaturverzeichnis	192
5	Elektronische Leistungsstellglieder und Steuereinrichtungen	195
5.1	Leistungsstellglieder für gerätetechnische Antriebe	195
5.1.1	Anforderungen an Leistungsstellglieder für gerätetechnische Antriebe ..	196
5.1.2	Elektronische Schaltelemente und deren Eigenschaften	196
5.1.3	Grundschaltungen für Transistorleistungsstellglieder	197
5.1.3.1	Analoge Transistorstellglieder	197
5.1.3.2	Schaltende und gepulste Stellglieder	201
5.1.4	Schutzschaltungen in Leistungsstellgliedern	210
5.2	Steuereinrichtungen für gerätetechnische Antriebe	213
5.2.1	Allgemeines	213
5.2.2	Teilaufgaben der Informationsverarbeitung in gerätetechnischen Antrieben	213
5.2.3	Vergleich analoger und digitaler Informationsverarbeitung in Antrieben	217
5.2.4	Führungsgrößenbereitstellung für ein- und mehrachsige Antriebe	218
5.3	Mikrorechner für die Steuerung und Regelung von Antrieben	221
5.3.1	Aufbau und Eigenschaften von Mikrorechnern	221

5.3.2	Signalprozessoren für Antriebssteuerungen	223
5.3.3	Beispiel eines mikrorechnergesteuerten Gleichstromantriebes	223
5.3.4	Ausgewählte Aspekte der Reglerdimensionierung	227
5.4	Meßsysteme für Präzisionsantriebe	231
5.4.1	Anforderungen an antriebspezifische Meßsysteme	231
5.4.2	Wirkenergie- und Meßinformationsfluß in verschiedenen Positionier- systemstrukturen	231
5.4.3	Fehlereinflüsse bei direkten Meßverfahren	233
5.4.3.1	Meßfehler beim Einsatz von Meßsystemen	233
5.4.3.2	Winkelübertragungsfehler von Kupplungen	237
5.4.4	Struktur von Meßsystemen für Präzisionsantriebe	240
5.4.5	Lagemeßsysteme	243
5.4.5.1	Potentiometer	243
5.4.5.2	Dehnmeßstreifen	244
5.4.5.3	Induktive Meßsysteme	245
5.4.5.4	Fotoelektrische Meßsysteme	249
5.4.6	Geschwindigkeitsmeßsysteme	255
5.5	Software für Mikrorechnersteuerungen	257
5.5.1	Modellbildungen zur Software-Vorbereitung	257
5.5.2	Regeln des Software-Entwurfs	260
5.5.2.1	Gerätetechnisch begründete Regeln	260
5.5.2.2	Programmiertechnisch begründete Regeln	261
5.5.3	Sprachelemente für intelligente Gerätesteuernngen	263
5.5.3.1	Antriebssteuerung	264
5.5.3.2	Sensorsteuerung	266
5.5.3.3	Allgemeine Sprachelemente	267
5.5.3.4	Syntax der Sprachelemente	269
5.5.3.5	Programmbeispiel: Binärer Sensor und Schrittmotor	269
5.6	Literaturverzeichnis	270
6	Beispiele für Entwurf und Analyse gerätetechnischer Antriebe	275
6.1	Rechnergesteuerter Schrittmotorantrieb	275
6.1.1	Aufgabenstellung und Funktionsprinzip	275
6.1.2	Mathematisches Modell zur Berechnung des Schrittmotorhochlaufs ..	277
6.1.3	Software zur Schrittmotorsteuerung	278
6.1.3.1	Sensorgesteuerter Start-Stopp-Betrieb	278
6.1.3.2	Hochlaufbetrieb	281
6.2	Modular aufgebaute Steuereinrichtungen und Leistungsstellglieder	281
6.2.1	Schrittmotorsteuerung mit integriertem Einchipmikrorechner	281
6.2.2	Modular aufgebaute Steuerung für geregelte Gleichstromantriebe	285
6.3	Modellierung und Simulation des dynamischen Verhaltens	290
6.3.1	Antriebssystem mit Schrittmotor	291
6.3.2	Antriebssystem mit Gleichstrommotor	297
6.4	Literaturverzeichnis	302
7	Sachwörterverzeichnis	303