

Inhalt

1	Entwicklungsgeschichte geregelter Elektroantriebe	9
2	Elektromechanische Grundlagen	17
2.1	Rotation und Translation	18
2.2	Vierquadrant-Betrieb	22
2.3	Elektrische Maschinen und Stromrichter	24
2.3.1	Gleichstromantriebe	25
2.3.2	Asynchronantriebe	30
2.3.3	Synchronantriebe	36
2.4	Dezentrales Energiemanagement	40
3	Konventioneller Reglerentwurf im Frequenzbereich	45
3.1	Zustandsgleichungen und Laplace-Transformation	45
3.2	Regelungstechnisches Strukturbild	49
3.3	Übertragungsfunktionen und Stabilität	50
3.3.1	Führungsverhalten	51
3.3.2	Störverhalten	55
3.4	Klassische Kaskadenregelung	57
3.4.1	Frequenzkennlinien	59
3.4.2	Unterlagerter Stromregelkreis	62
3.4.2.1	Bode-Diagramm	64
3.4.2.2	Nichols-Diagramm	66
3.4.3	Überlagerter Drehzahlregelkreis	68
3.4.4	Berechnung der Reglerparameter	72
3.4.5	Technische Realisierung der Kaskadenregelung	75
3.4.5.1	Analoge Regelstruktur mit Operationsverstärkern	76
3.4.5.1.1	Beschaltung eines PI-Reglers	76
3.4.5.1.2	Aufbau und Dynamik	78
3.4.5.2	Digitale Regelstruktur mit Mikroprozessoren	82
3.4.5.2.1	PI-Algorithmus	83
3.4.5.2.2	Software-Timing	86
3.4.5.2.3	Hardware-Aufbau	90
3.5	Überlagerte Positionsregelung	93
4	Modellgestützte Regeltheorien im Zeitbereich	97
4.1	Antriebskonzepte im Zustandsraum	97
4.1.1	Zustandsgleichungen und Matrizendarstellung	99
4.1.1.1	Steuerbarkeit	102
4.1.1.2	Beobachtbarkeit	103
4.1.1.3	Beobachtungsnormalfom	104

4.1.2	Entwurf von Zustandsbeobachtern	109
4.1.2.1	Zustandsbeobachter voller Ordnung	113
4.1.2.2	Zustandsbeobachter reduzierter Ordnung	115
4.1.3	Zustandsvektorrückführung	119
4.1.3.1	Reglerentwurf durch Polvorgabe	120
4.1.3.2	Zustandsregelung eines Gleichstromantriebs	122
4.2	Antriebskonzepte im Binärmode	124
4.2.1	Entwurf binärer Beobachter	128
4.2.1.1	Periodische Zustandsgrößen	129
4.2.1.2	Fourier-Reihenentwicklung	131
4.2.1.3	Mittelwerte welliger Zustandsgrößen	134
4.2.2	Binäre Beobachter in netzgeführten Stromrichtern	137
4.2.2.1	Wechselstrom-Brückenschaltung (B2)	140
4.2.2.1.1	Binärer Gleichspannungsbeobachter	140
4.2.2.1.2	Binärer Gleichstrombeobachter	148
4.2.2.1.3	Binärer Netzstrombeobachter	154
4.2.2.2	Drehstrom-Brückenschaltung (B6)	159
4.2.3	Binäre Beobachter in kommutierungslosen Stromrichtern	165
4.2.3.1	Binärer Wechselspannungsbeobachter	167
4.2.3.2	Binärer Wechselstrombeobachter	170
4.2.4	Binäre Beobachter in selbstgeführten Stromrichtern	172
4.2.4.1	Binärer Chopper-Spannungsbeobachter	173
4.2.4.2	Binärer Chopper-Strombeobachter	179
4.2.4.3	Binärer Strangstrombeobachter	182
4.3	Antriebskonzepte mit Raumzeigern	185
4.3.1	Raumzeigermodulation in Wechselrichtern	186
4.3.2	Raumzeigermodell der Asynchronmaschine	191
5	Antriebskonzepte mit Fuzzy-Logik	197
5.1	Fuzzifizierung von Prozeßgrößen	200
5.2	Interferenz und Regelbasis	202
5.3	Defuzzifizierung der Stellgröße	204
6	Antriebsbeispiele für die Low-Cost-Automation	209
6.1	Vierquadrant-Gleichstromantrieb	209
6.1.1	Sensorlose Ankerstromregelung	212
6.1.1.1	Linearisierung im Lückbetrieb	212
6.1.1.2	Synchronisation der Steuerimpulse	214
6.1.1.3	Umschaltlogik	216
6.1.1.4	Dynamisches Verhalten	217
6.1.2	Sensorlose Drehzahlregelung	219
6.1.2.1	Drehzahlbeobachter	219
6.1.2.2	Dynamisches Verhalten	221

6.2	Vierquadrant-Chopperantrieb	224
6.3	Einquadrant-Drehstromantrieb	227
6.3.1	Spannungssteuerung der Asynchronmaschine	228
6.3.2	Dynamisches Verhalten	230
6.3.3	Sensorlose Festwert-Stromregelung	231
6.4	Vierquadrant-Drehstromantrieb	232
6.4.1	Frequenzsteuerung der Asynchronmaschine	233
6.4.1.1	Steuerkennlinie für konstanten Hauptfluß	235
6.4.1.2	Dynamisches Verhalten	236
6.4.1.3	Sensorlose Frequenzsteuerung	237
6.4.2	Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine	238
6.4.2.1	Vektorstromregelung	239
6.4.2.2	Drehzahlregelkreis	243
6.4.2.3	Dynamisches Verhalten	244
6.4.2.3	Sensorlose Vektorstromregelung	245
6.4.3	Feldorientierte Regelung der Synchronmaschine	246
6.4.3.1	Zweipunkt-Stromregelung	248
6.4.3.2	Dynamisches Verhalten	250
6.5	Sensorlose Energierückspeisung in Frequenzumrichtern	252
6.6	Sensorlose Temperaturregelung in elektrischen Verbrauchern	253
6.7	Redundante Regelung elektrischer Antriebe	256
7	Genauigkeit digitaler Regelungen	261
7.1	Meß- und Abtastfehler	261
7.2	Rechenungenauigkeiten	264
7.3	Parameterschwankungen und Modellfehler	268
8	Verzeichnis der Formelzeichen	271
9	Englische Fachausdrücke	277
9.1	Deutsch – Englisch	277
9.2	Englisch – Deutsch	290
10	Schrifttum	305
11	Übungs- und Testaufgaben	309
11.1	Konventionelle Regelungstechnik (KRT)	309
11.2	Moderne, modellgestützte Regelungstechnik (MRT)	313
11.3	Antriebsregelungen aus der Praxis (ATR)	317
	Stichwortverzeichnis	325