

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1 Grundlagen der Mechanik	6
1.1 Newton'sche Bewegungsgleichung	6
1.2 Trägheitsmoment	8
1.3 Wirkung einer Getriebe-Übersetzung	10
1.4 Leistung und Energie	11
1.5 Experimentelle Bestimmung des Trägheitsmomentes	13
2 Dynamik eines mechanischen Antriebes	15
2.1 Bewegungsgleichung eines starr gekoppelten Antriebs	15
2.2 Zwei-Achsen-Antrieb in Polarkoordinaten	18
2.3 Kennlinien verschiedener Motoren und mechanischer Lasten . .	20
2.4 Stabile und instabile Betriebspunkte	24
3 Integration der vereinfachten Bewegungsgleichung	27
3.1 Lösung der linearisierten Differentialgleichung	27
3.1.1 Anlauf eines Motors mit Nebenschluß-Kennlinie	28
3.1.2 Anfahren des Motors mit einem drehzahl-proportionalen Lastmoment	30
3.1.3 Belastung eines leerlaufenden Motors	30
3.1.4 Anfahren eines Gleichstrommotors durch stufenweises Kurzschließen eines Anlaß-Widerstandes	33
3.2 Analytische Lösung der nichtlinearen Differentialgleichung . .	36
3.3 Numerische und graphische Integration	37
4 Thermische Effekte in elektrischen Maschinen	41
4.1 Leistungsverluste und Temperaturgrenzen	41
4.2 Erwärmung eines homogenen Körpers	42
4.3 Verschiedene Betriebsweisen eines Motors	46
4.3.1 Dauerbetrieb	46
4.3.2 Kurzzeitbetrieb	46
4.3.3 Periodischer Aussetzbetrieb	47
5 Fremderregte Gleichstrommaschine	49
5.1 Einleitung	49
5.2 Mathematisches Modell der Gleichstrommaschine	52
5.3 Statische Kennlinien mit Anker- und Feld-Steuerung	54
5.3.1 Ankersteuerung	55
5.3.2 Feldsteuerung	56
5.3.3 Kombinierte Anker- und Feldsteuerung	59

5.4	Dynamisches Verhalten eines Gleichstrommotors	61
6	Gleichstrommotor mit Reihenschluß-Feldwicklung	67
6.1	Blockschaltbild des Reihenschlußmotors	68
6.2	Statische Kennlinien des Reihenschlußmotors	71
7	Regelung einer fremderregten Gleichstrommaschine	75
7.1	Einleitung	75
7.2	Regelung eines Gleichstrommotors im Grunddrehzahlbereich . .	77
7.3	Regelung eines Gleichstrommotors im Feldschwächbereich . . .	88
7.4	Regelantrieb mit Speisung durch rotierenden Generator	91
8	Netzgeführter Stromrichter als Leistungsstellglied	95
8.1	Elektronische Schaltelemente	95
8.2	Netzgeführter Stromrichter in Einphasen-Brückenschaltung . .	100
8.3	Netzgeführter Stromrichter in Drehstrom-Brückenschaltung . .	117
8.4	Netzgeführte Stromrichter mit reduzierter Blindleistung	128
8.5	Regelung mit leistungselektronischem Stellglied	131
9	Regelung stromrichtergespeister Gleichstrom-Antriebe	138
9.1	Gleichstromantrieb mit netzgeführtem Stromrichter	138
9.2	Gleichstromantriebe mit zwangskommutierten Umrichtern . . .	146
10	Symmetrische Drehfeldmaschinen	160
10.1	Mathematisches Modell einer Drehstrommaschine	161
10.2	Asynchronmaschine mit sinusförmigen symmetrischen Spannungen im stationären Betrieb	173
10.2.1	Ständerstrom, Strom-Ortskurve	173
10.2.2	Drehmoment, Wirkungsgrad	179
10.2.3	Vergleich mit praktischen Motordaten	184
10.2.4	Anlauf des Asynchronmotors	185
10.3	Asynchronmotor mit eingepprägten Ständerspannungen beliebiger Kurvenform	188
10.4	Asynchronmaschine mit unsymmetrischen Ständerspannungen im stationären Zustand	199
10.4.1	Symmetrische Komponenten	199
10.4.2	Einphasen-Asynchronmotor	204
10.4.3	Einphasen- Bremschaltung für Drehstrom-Kranantriebe	206
10.4.4	Unsymmetrische Anfahrerschaltung für Asynchronmotoren	208
11	Stromversorgungen für Drehstrom-Regelantriebe	212
11.1	Pulsweitenmodulierter (PWM) Spannungs-Zwischenkreis-Umrichter mit Transistoren (IGBT)	214
11.2	PWM Thyristor Umrichter mit konstanter Zwischenkreisspannung	222
11.3	Strom-Zwischenkreis-Umrichter mit Thyristoren und GTO . . .	229
11.4	Umrichter ohne Zwischenkreis (Direktumrichter)	234

12	Regelung von Drehstrom-Asynchronmaschinen	239
12.1	Regelung der Asynchronmaschine anhand eines stationären Maschinenmodelles	240
12.2	Regelung eines stromgespeisten Asynchronmotors in Rotorfluß-Koordinaten	250
12.2.1	Prinzip der Feldorientierung	250
12.2.2	Flußerfassung	258
12.2.3	Wirkung der von den Stromregelkreisen herrührenden Restverzögerung	261
12.2.4	Digitale Signalverarbeitung	263
12.2.5	Experimentelle Ergebnisse	266
12.2.6	Auswirkungen eines verstimmtten Flußmodells	269
12.3	Regelung eines spannungsgespeisten Asynchronmotor	275
12.4	Regelung eines mit einem Strom-Zwischenkreis-Umrichter gespeisten Asynchronmotors in Feldkoordinaten	281
12.5	Regelung eines Asynchronmotors ohne Drehzahlgeber	289
12.5.1	Motormodell in Ständerfluß-Koordinaten	289
12.5.2	Beispiel für eine „geberlose Drehzahlregelung“	293
12.5.3	Simulation und Versuchsergebnisse	295
12.6	Regelung der Asynchronmaschine mit kombiniertem Flußmodell	299
13	Asynchron-Regelantrieb mit eingeschränktem Drehzahl-Stellbereich	302
13.1	Doppeltgespeiste Drehstrommaschine mit konstanter Ständerfrequenz und feldorientierter Läuferstromregelung	302
13.2	Regelung eines netzseitigen PWM- Umrichters als statischer Kompensator	316
13.3	Schleifringläufermotor mit Schlupfleistungs-Rückgewinnung . .	322
14	Regelantriebe mit Synchronmotoren variabler Frequenz	328
14.1	Regelung eines permanenterregten Synchronmotors	330
14.2	Regelung von Synchronmotoren mit Speisung durch Direktumrichter	342
14.3	Synchronmotor mit lastgeführtem Umrichter (Stromrichter) 348	348
15	Einige Anwendungen elektrischer Regelantriebe	363
15.1	Drehzahlgeregelte Antriebe	364
15.2	Lineare Lage-Regelung	373
15.3	Lineare Lageregelung mit bewegtem Zielpunkt	384
15.4	Zeitoptimale Lageregelung mit festem Zielpunkt	390
15.5	Zeitoptimale Lageregelung mit bewegtem Zielpunkt	396
	Schrifttum	403
	Index	457