

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	5
1 Einleitung.....	13
2 Projektieren von Antrieben.....	17
2.1 Auswahl des passenden Antriebs für die Anwendung.....	17
2.2 Bestimmung der optimalen Baugröße des gewählten Motortyps	17
2.3 Motorschutz	19
3 Antriebselektronik.....	21
3.1 Endstufe.....	21
3.2 Modulationsverfahren.....	22
3.2.1 Unterschwingungsverfahren	22
3.2.2 Raumzeigermodulation.....	24
3.3 Verluste in der Leistungselektronik.....	28
3.3.1 Verluste beim Einsatz von Frequenzumrichtern und Installationshinweise für den Anwender.....	32
3.3.2 Quantifizierung der Schaltverluste in Frequenzumrichtern	34
4 Regelung elektrischer Maschinen	39
4.1 Regelung des Gleichstrommotors.....	42
4.2 Feldorientierte Regelung der Asynchronmaschine	43
4.3 Polradorientierte Regelung der Synchronmaschine	49
5 Sensoren für die Antriebstechnik	53
5.1 Drehzahlmessung	53
5.2 Positionsmessungen.....	53
5.2.1 Aufbau inkrementaler Positionsgeber mit impulsförmigem Ausgang.....	54
5.2.1.1 Rechtslauf-/Linkslauf-Erkennung bei Einfachauswertung	56
5.2.1.2 Vierfachauswertung der Geberausgangssignale.....	57
5.2.1.3 Rechtslauf-/Linkslauf-Erkennung bei Vierfachauswertung	57
5.2.2 Aufbau inkrementaler Positionsgeber mit sin/cos-Ausgang	60
5.2.2.1 Auswertung über die arctan-Funktion.....	60
5.2.3 Resolver.....	62
5.2.3.1 Auswertung über die arctan-Funktion.....	64
5.2.3.2 Auswertung über einen geschlossenen Regelkreis	64
5.2.4 Absolutwertgeber	66
5.3 Vergleich von Positionsgebern	69

6	Motoren	71
6.1	Asynchronmotor	71
6.1.1	DS-Normmotor	73
6.1.1.1	Betrieb eines DS-Normmotor mit Feldschwächung	79
6.1.2	Servo-Asynchronmotor	81
6.2	Synchronmotoren	82
6.2.1	Synchronmotoren mit Dämpferkäfig	84
6.2.2	Servo-Synchronmotoren	85
6.2.3	Kenngößenvergleich zwischen Servo-Asynchronmotor und Servo-Synchronmotor	87
6.3	Torquemotoren	88
6.4	Linearmotoren	89
7	Getriebe	91
7.1	Kraftschlüssige Getriebe	91
7.2	Formschlüssige Getriebe	92
7.2.1	Ketten- und Zahnriementriebe	92
7.2.2	Zahnradgetriebe	92
7.2.2.1	Einstufiges Stirnradgetriebe	92
7.2.2.2	Zweistufiges Stirnradgetriebe	93
7.2.2.3	Winkelgetriebe	94
7.2.2.4	Schneckengetriebe	94
7.2.2.5	Planetengetriebe	95
7.2.2.5.1	Auswahlkriterien von Planetengetrieben	96
7.3	Auswahlkriterien von Getriebemotoren	98
8	Kriterien für die Zusammenschaltung von Antriebsregler, Motor, Geber und Getriebe	101
8.1	Geregelte Mehrachsantriebe	103
8.1.1	Master-Slave-System	103
8.1.2	Vorgabe von vorausberechneten Bahnkurven für alle Achsen	105
9	Grundlagen der Kinematik	107
9.1	v, t -Diagramme	108
9.1.1	v, t -Diagramm mit linearem Verlauf der Geschwindigkeit beim Beschleunigen und Abbremsen	108
9.1.2	v, t -Diagramm mit \sin^2 -förmigem Verlauf der Geschwindigkeit beim Beschleunigen und beim Bremsen	111
9.1.3	v, t -Diagramm mit linear/parabolischem Verlauf der Geschwindigkeit beim Beschleunigen und Abbremsen	115
9.1.4	Anwenderspezifische Forderungen an v, t -Diagramme	119
9.1.4.1	v, t -Diagramm mit linearem Verlauf der Geschwindigkeit für zeitoptimales Positionieren	119
9.1.4.2	v, t -Diagramm mit linear/parabolischem Verlauf der Geschwindigkeit für zeitoptimales Positionieren	120

9.1.4.3	v,t -Diagramm mit linearem Verlauf der Geschwindigkeit für einen Verlauf mit vorgegebenem Weg, vorgegebener Zeit und vorgegebener Beschleunigung und Verzögerung.....	123
9.2	s,v -Diagramm.....	125
9.3	Wahl der Beschleunigung und Verzögerung.....	127
9.3.1	Maximal zulässige Beschleunigung eines Förderbands mit einem unbefestigten Gegenstand	127
9.3.2	Zusammenhang zwischen Beschleunigung und Kippgrenze	128
9.3.3	Einfluss der Beschleunigung auf die Flüssigkeitshöhe in einem Gefäß	129
9.3.4	Ausschlag der Last an einem Kran bei Beschleunigung	131
9.3.5	Beziehung zwischen Maximalbeschleunigung und Vortriebskraft.....	132
10	Grundlagen der Kinetik	135
10.1	Ableitung des reduzierten Massenträgheitsmoments.....	137
10.2	Antriebsmoment und Antriebsleistung.....	138
10.3	Effektive Drehmomente von Motoren.....	140
10.3.1	Effektives Drehmoment von eigenbelüfteten Drehstromnormmotoren.....	141
11	Definition von Massenträgheitsmomenten.....	143
11.1	Massenträgheitsmoment einer Einzelmasse	144
11.2	Massenträgheitsmoment eines dünnwandigen Hohlzylinders.....	145
11.3	Massenträgheitsmoment eines Zylinders mit Vollkreisquerschnitt	146
11.4	Massenträgheitsmoment eines dickwandigen Hohlzylinders.....	147
11.5	Massenträgheitsmomente von dünnen, langen Stäben.....	148
11.5.1	Drehpunkt im Schwerpunkt.....	148
11.5.2	Drehpunkt am Stabende.....	149
11.6	Massenträgheitsmoment einer Rechteckscheibe mit dem Drehpunkt im Schwerpunkt	150
11.7	Massenträgheitsmoment einer massiven Kugel mit der Drehachse durch den Schwerpunkt	151
11.8	Massenträgheitsmoment einer dünnwandigen Kugelschale mit der Drehachse durch den Schwerpunkt	152
11.9	Steiner'scher Satz	153
12	Berechnungsbeispiele für Massenträgheitsmomente von technisch häufig verwendeten Rotationskörpern.....	155
12.1	Lauftrad aus Vollmaterial.....	155
12.2	Lauftrad mit minimalem Gewicht	157
13	Reibung.....	159
13.1	Coulomb'sche oder trockene Reibung.....	159
13.2	Rollreibung.....	161
13.3	Reibung in Gewindespindeln.....	164

14	Auslegung der Antriebe.....	167
14.1	Fahrtrieb	167
14.1.1	Fahrtriebsauslegung über Momentengleichgewicht.....	176
14.1.1.1	Beschleunigungsvorgang beim Lastheben.....	177
14.1.1.2	Verzögerungsvorgang beim Lastheben.....	179
14.1.1.3	Lastheben mit konstanter Geschwindigkeit.....	180
14.1.1.4	Beschleunigungsvorgang beim Lastsenken.....	181
14.1.1.5	Verzögerungsvorgang beim Lastsenken.....	182
14.1.1.6	Lastsenken mit konstanter Geschwindigkeit.....	183
14.2	Spindelantrieb	184
14.3	Drehtischtrieb	193
14.4	Kurbeltrieb	202
14.5	Wickelantrieb.....	207
14.6	Antriebe in der Verfahrenstechnik und Umwelttechnik	215
15	Wahl von Motor, Zwischenkreiskondensator und Bremswiderstand	217
15.1	Rechenschema zur manuellen Berechnung von Antrieben	218
15.2	Demoprogramm zur Motorauswahl.....	222
15.2.1	Programmbeschreibung	222
15.3	Auslegung einer Kondensatorbatterie.....	226
15.4	Auslegung eines Bremswiderstands.....	227
Anhang	231	
1	Gleichungen.....	231
1.1	Physikalische Grundgleichungen.....	231
1.1.1	Wichtige Definitionen, Umrechnungen und Konstanten	232
1.2	Allgemeine Gleichungen für die Berechnung der Antriebsleistung.....	232
1.3	Allgemeine Gleichungen zur Berechnung von Antriebsmomenten.....	233
1.4	Arbeit.....	233
1.5	Antriebsleistung für Metallbearbeitungsmaschinen.....	235
1.5.1	Spezifische Schnittkräfte verschiedener Metalle	236
1.6	Antriebsleistung in der Verfahrenstechnik	238
1.7	Reibung	239
1.8	Effektives Moment	240
1.9	Massenträgheitsmomente von Körpern	241
1.10	Trägheitsmomente von Anwendungen.....	242
2	v, t-Diagramme	246
2.1	v, t -Diagramm mit linearem Verlauf der Geschwindigkeit beim Beschleunigen und Verzögern	246
2.2	v, t -Diagramm für minimales Moment	247
2.3	v, t -Diagramm mit \sin^2 -förmigem Verlauf der Geschwindigkeit beim Beschleunigen und Verzögern	247

3	Wirkungsgrade, Reibwerte und Dichte	248
3.1	Wirkungsgrade von Übertragungselementen	248
3.2	Reibwerte.....	248
3.2.1	Reibwerte für Lagerreibung	248
3.2.2	Reibwerte für Spindeln	248
3.2.3	Beiwerte für Spurkranz- und Seitenreibung	249
3.2.4	Reibwerte verschiedener Werkstoffpaarungen	249
3.2.5	Hebelarm der Rollreibung für verschiedene Werkstoffpaarungen	249
3.3	Dichte ρ verschiedener Stoffe	250
3.4	Querkräfte	250
4	Motorlisten	251
4.1	Asynchrondrehstrommotor für Netzbetrieb	252
4.1.1	Vierpolige IE2-Drehstrommotoren MH, 50 Hz Bemessungsdaten 0,75 kW ... 45 kW	252
4.2	Asynchrondrehstrommotor für Inverterbetrieb	254
4.2.1	Vierpolige IE1-Drehstrommotoren MD, 50 Hz Bemessungsdaten 0,12 kW ... 22 kW	254
4.3	Servo-Asynchronmotor – Bemessungsdaten	257
4.3.1	Inverter-Netzanschluss 400 V, selbstbelüftet	257
4.3.2	Inverter-Netzanschluss 400 V, fremdbelüftet, IP54.	259
4.3.3	Inverter-Netzanschluss 400 V, fremdbelüftet, IP23s.	262
4.3.4	Inverter-Netzanschluss 400 V, selbstbelüftet	264
4.3.5	Inverter-Netzanschluss 400 V, fremdbelüftet	270
4.4	Servo-Synchronmotor – Bemessungsdaten.	274
4.4.1	Inverter-Netzanschluss 400 V, selbstbelüftet	274
4.4.2	Inverter-Netzanschluss 400 V, fremdbelüftet	280
	Literatur	285
	Stichwortverzeichnis	287