

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>11</b>
1.1 Aufgaben der Antriebsauslegung .....	11
1.2 Lastkennlinien von Arbeitsmaschinen .....	11
1.3 Kennlinien von Motoren .....	13
1.3.1 Allgemeines .....	13
1.3.2 Drehstrom-Asynchronmotor .....	15
1.3.3 Drehstrom-Synchronmotor .....	25
1.3.4 Gleichstrom-Nebenschlussmotor (fremderregt) .....	29
1.4 Motor und Arbeitsmaschine .....	33
1.5 Erwärmung und Abkühlung elektrischer Maschinen .....	35
1.6 Betriebsarten elektrischer Maschinen .....	40
1.7 Charakteristiken der Anwendungen .....	44
1.8 Topologie des mechanischen Antriebsstrangs .....	47
1.9 Grundlegende Vorgehensweise bei der Antriebsauslegung .....	51
<b>2 Berechnung der Bewegungsabläufe</b> .....	<b>55</b>
2.1 Allgemeines .....	55
2.2 Beschleunigungsphase .....	57
2.3 Konstantphase .....	59
2.4 Verzögerungsphase .....	60
2.5 Dreieckprofil .....	62
2.6 Trapezprofil .....	64
2.7 Trapezprofil nach Drittel-Regel .....	65
2.8 Relative Einschaltdauer .....	67
2.9 Fahrbereich .....	68
2.10 Ruck und Ruckbegrenzung .....	68
2.11 Bewegungsgesetze höherer Ordnung .....	70
2.12 Optimierung des Bewegungsablaufs .....	73
<b>3 Berechnung der Kräfte und Drehmomente</b> .....	<b>77</b>
3.1 Allgemeines .....	77
3.2 Gewichtskraft .....	77
3.3 Hangabtriebskraft .....	78
3.4 Aufstandskraft .....	78
3.5 Anziehungskraft .....	79
3.6 Haftreibungskraft .....	80
3.7 Gleitreibungskraft .....	81
3.8 Rollreibungskraft .....	81
3.9 Prozesskräfte .....	83
3.10 Beschleunigungs- und Verzögerungskräfte .....	83
3.11 Windkräfte .....	84
3.12 Sonstige Zusatzkräfte .....	86
3.13 Wirksames Gewichtsdrehmoment .....	87

3.14	Haftreibdrehmoment .....	89
3.15	Gleitreibdrehmoment .....	89
3.16	Rollreibdrehmoment .....	90
3.17	Prozessdrehmomente .....	91
3.18	Beschleunigungs- und Verzögerungsdrehmomente .....	92
3.19	Sonstige Zusatzdrehmomente .....	95
3.20	Zusammenfassung der Kräfte und Drehmomente .....	95
<b>4</b>	<b>Umrechnung am Abtriebsselement .....</b>	<b>101</b>
4.1	Allgemeines .....	101
4.2	Ritzel mit Zahnstange .....	103
4.3	Rad .....	104
4.4	Rolle .....	104
4.5	Seiltrommel .....	105
4.6	Zahnriemen .....	108
4.7	Gewindetrieb .....	109
4.8	Schubkurbel .....	110
<b>5</b>	<b>Umrechnung bei Übertragungselementen .....</b>	<b>113</b>
5.1	Allgemeines .....	113
5.2	Stirnradgetriebe .....	115
5.3	Schneckengetriebe .....	116
5.4	Planetenradgetriebe .....	116
5.5	Keil- und Flachriemen .....	118
5.6	Zahnriemen und Ketten .....	118
5.7	Kupplungen und Gelenkwellen .....	119
5.8	Auswahl und Optimierung des Übersetzungsverhältnisses .....	119
5.9	Auswahl der Getriebegröße .....	125
5.10	Lineare Übersetzung .....	126
<b>6</b>	<b>Motorauswahl .....</b>	<b>127</b>
6.1	Drehzahlen und Geschwindigkeiten .....	127
6.2	Drehmomente und Kräfte .....	130
6.3	Arbeitspunkte der Anwendung .....	133
6.4	Externes Massenträgheitsmoment .....	133
6.5	Auswahl des Motors .....	133
6.5.1	Vorauswahl .....	134
6.5.2	Nachrechnung des ausgewählten Motors .....	135
<b>7</b>	<b>Auswahl des Stellgerätes .....</b>	<b>137</b>
7.1	Für Nenndaten des Motors .....	137
7.2	Für den tatsächlichen Strombedarf des Motors .....	139
7.3	Nach Kennlinie für Motor mit Stellgerät .....	144
7.4	Erforderliche Ausgangsfrequenz .....	144
<b>8</b>	<b>Berechnung der Werte am Zwischenkreis .....</b>	<b>149</b>
8.1	Leistungen .....	149
8.1.1	Effektive Zwischenkreisleistung .....	150

8.1.2	Mittlere Zwischenkreis-Einspeiseleistung . . . . .	153
8.1.3	Mittlere Zwischenkreis-Rückspeiseleistung . . . . .	154
8.1.4	Maximale Zwischenkreis-Einspeiseleistung . . . . .	155
8.1.5	Maximale Zwischenkreis-Rückspeiseleistung . . . . .	155
8.1.6	Maximale Zwischenkreisleistung . . . . .	155
8.2	Energie . . . . .	155
<b>9</b>	<b>Auslegung der Netzversorgung und des Bremswiderstandes . . . . .</b>	<b>157</b>
<b>10</b>	<b>Berechnung der Netzgrößen . . . . .</b>	<b>165</b>
10.1	Wirkleistung . . . . .	167
10.2	Scheinleistung . . . . .	167
10.3	Netzstrom . . . . .	168
<b>11</b>	<b>Auslegung der Motorbremse . . . . .</b>	<b>171</b>
11.1	Allgemeines . . . . .	171
11.2	Berechnung und Überprüfung der Bremsmomente . . . . .	172
11.2.1	Erforderliches Bremsmoment für dynamisches Bremsen . . . . .	172
11.2.2	Erforderliches Bremsmoment für statisches Bremsen . . . . .	172
11.2.3	Auswahl und Überprüfung der Bremse hinsichtlich Bremsmoment . . . . .	173
11.3	Berechnung und Überprüfung der Bremsenergie . . . . .	173
11.3.1	Anfallende Bremsenergie bei dynamischen Bremsvorgängen . . . . .	173
11.3.2	Überprüfung der Bremse hinsichtlich Bremsenergie . . . . .	174
11.3.3	Möglichkeiten zur Reduzierung der Bremsenergie . . . . .	174
11.4	Weitere Hinweise . . . . .	178
<b>12</b>	<b>Berechnungen rotativer Motoren bei direktem Netzbetrieb . . . . .</b>	<b>181</b>
12.1	Möglichkeiten zur Berechnung der Hochlaufzeit . . . . .	181
12.1.1	Grafisch-rechnerische Bestimmung . . . . .	181
12.1.2	Mit mittlerem Anlaufmoment . . . . .	183
12.2	Auslegung verschiedener Anlaufverfahren . . . . .	184
12.2.1	Stern-Dreieck-Anlauf . . . . .	184
12.2.2	Anlauf mit variabler Spannung . . . . .	186
12.2.3	Anlauf und Drehzahlstellung mit Läuferwiderständen . . . . .	187
12.3	Verlustenergie bei Anlauf, Reversieren und Gegenstrombremsen . . . . .	190
12.4	Zulässige Schalthäufigkeit für S1-Motoren . . . . .	194
12.5	Berechnung der erforderlichen Motornennleistung bei verschiedenen Betriebsarten . . . . .	195
12.5.1	S1-Motoren . . . . .	195
12.5.2	S2-Motoren . . . . .	199
12.5.3	S3-Motoren . . . . .	200
<b>13</b>	<b>Projektierungshinweise . . . . .</b>	<b>203</b>
13.1	Fehlervermeidung . . . . .	203
13.2	Leistungssteigerung durch Betrieb an höherer Eckfrequenz . . . . .	208
13.3	Energiespeicher für Netzspannungsausfall . . . . .	210
13.4	Energiespeicher für dynamische Anwendungen . . . . .	211
13.5	Lastpendeln . . . . .	212

13.6 Rutschgrenze .....	213
13.7 Kippgrenze .....	214
13.8 Optimierung der Hochlauframpe .....	215
<b>14 Energieeinsparung .....</b>	<b>219</b>
<b>15 Beispiele .....</b>	<b>223</b>
15.1 Fahrtrieb mit Frequenzumrichter .....	223
15.2 Drehtrieb mit Frequenzumrichter .....	243
15.3 Linearmotor nach relativer Einschaltdauer .....	256
15.4 Wickelantrieb mit Asynchronmotor in Feldschwächung .....	261
15.5 Betrieb an 87-Hz-Eckfrequenz .....	267
15.6 Bewegungsablauf für eine mitlaufende Bearbeitung .....	269
15.7 Ruckbegrenzung .....	272
15.8 Auslegung mit Polynom 5. Ordnung .....	274
15.9 Anlasswiderstände für Schleifringläufermotor .....	275
15.10 Optimierung der Hochlauframpe .....	279
<b>16 Technischer Anhang .....</b>	<b>283</b>
16.1 Grundbeziehungen physikalischer Größen .....	283
16.2 Einheiten und deren Umrechnungen .....	284
16.3 Physikalische Konstante .....	288
<b>Formelzeichen .....</b>	<b>289</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>297</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>299</b>