

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	v
1 Einleitung	1
2 Einteilung und Aufbau von Aktoren	5
2.1 Einteilung der Aktoren.....	5
2.2 Aufbau von Aktoren.....	8
3 Arbeit, Energie, Leistung	15
3.1 Elektrische Arbeit und Energie	15
3.2 Mechanische Arbeit bei der Translation eines Körpers.....	18
3.3 Mechanische Arbeit bei der Rotation eines Körpers.....	20
3.4 Leistung	21
3.5 Grundgleichungen mechanischer Energieträger für Aktoren	22
3.6 Lastkennlinien.....	29
4 Berechnungsgrundlagen magnetischer Kreise für elektrische Maschinen und Aktoren	35
4.1 Die magnetische Flussdichte B und die Feldstärke H.....	37
4.2 Der magnetische Fluss	46
4.3 Das Durchflutungsgesetz	51
4.4 Magnetischer Widerstand.....	54
4.5 Berechnung magnetischer Größen im unverzweigten Magnetkreis.....	56
4.6 Dynamik der Stromführung in Aktor-Spulen.....	61
4.6.1 Verzögerungssystem erster Ordnung, PT1-System.....	64
4.6.2 Simulationsprogramm.....	65
5 Elektromagnetische Aktoren	69
5.1 Berechnung der Reluktanzkraft	69
5.2 Magnetaktoren	74
5.3 Magnetbetriebene Hydroventile.....	79
5.3.1 Hydraulische 4/3 Wegeventile	81

5.3.2	Stetig wirkende Proportional- und Servoventile	81
5.4	Elektrisch gesteuerte Einspritzventile im Kraftfahrzeug	84
6	Piezoaktoren	87
6.1	Stapelaktoren und Multilayer-Aktoren	89
6.1.1	Auslenkung bei Belastung	92
6.2	Bauformen	95
6.3	Wegvergrößerungssysteme	96
6.4	Anwendung Stapelaktor: Einspritzventil mit Piezoaktor	97
6.5	Piezoaktoren mit unbegrenzter Auslenkung	100
6.5.1	Inchworm-Motor	101
6.5.2	LEGS-Motor	102
6.5.3	Piezo-Aktor-Drive (PAD TM)	104
7	Elektromotorische Aktoren	107
7.1	Tauchspulenaktor	109
7.2	Linearmotor mit elektronischer Kommutierung	116
8	Elektronische Energiesteller	121
8.1	Unipolare Ansteuerung	121
8.2	Bipolare Ansteuerung	123
8.3	Pulsweitenmodulation (PWM)	124
8.4	Prinzip der Stromregelung bei Spulen und Wicklungen	129
9	Schrittmotoren	135
9.1	Reluktanz Linear-Schrittmotoren	135
9.2	Schrittmotor-Ansteuerung	138
9.3	Zweisträngiger Permanentmagnet-Schrittmotor mit je 2 Spulen	140
9.3.1	Vollschriftbetrieb	142
9.3.2	Halbschriftbetrieb	144
9.3.3	Zeitlicher Momentverlauf und Kommutierungswinkel	144
9.4	Zweisträngiger PM-Schrittmotor mit je 4 Spulen	148
9.5	Hybrid-Schrittmotor	150
9.6	Ansteuerungsarten	153
10	Die Gleichstrommaschine	157
10.1	Das Barlowsche Rad	157
10.2	Die Unipolarmaschine	158
10.3	Aufbau der Gleichstrommaschine	159

10.4	Kräfte auf eine Leiterschleife und mechanische Kommutierung	163
10.4.1	Gleichgewichtszustände.....	164
10.4.2	Berechnung des Drehmoments auf eine Spule.....	165
10.4.3	Kräfte auf mehrere Leiterschleifen.....	166
10.5	Anker mit Schleifenwicklung	170
10.5.1	Reihenschaltung von vier Leiterschleifen.....	170
10.5.2	Stromwendung bei der Schleifenwicklung	171
10.5.3	Einfluss der Polpaarzahl	173
10.6	Spannungsinduktion bei elektrischen Maschinen	174
10.6.1	Spannungsinduktion einer Leiterschleife.....	175
10.6.2	Spannungsinduktion bei mehreren am Umfang des Ankers verteilten Leitern.....	177
10.7	Ankerquerfeld	179
10.8	Schaltungen der Erregerfeldspannung	182
10.9	Gleichungen zur Berechnung wichtiger Größen der Gleichstrommaschine	185
10.9.1	Das innere Moment.....	186
10.9.2	Drehzahl-Drehmoment-Beziehung	187
10.9.3	Drehzahl-Drehmoment-Beziehung der Reihenschlussmaschine	191
10.10	Der Scheibenläufermotor	194
11	Die elektrischen Drehfeldmaschinen	199
11.1	Veränderliche Magnetfelder und Wechselstrombeziehungen	200
11.1.1	Wechselstromwiderstand	202
11.1.2	Wechselstromleistung	205
11.2	Erzeugung von mehrphasigen Wechselspannungen über eine Außenpolmaschine.....	209
11.2.1	Zweiphasenwechselspannung	209
11.2.2	Erzeugung einer Dreiphasen-Wechselspannung über einen Drehstrom-Außenpolgenerator.....	210
11.3	Stern- und Dreieckschaltung.....	213
11.4	Erzeugung einer dreiphasen Wechselspannung über einen Drehstrom-Innenpolgenerator	214
11.5	Drehfelder	216
11.5.1	Zweiphasensystem	217
11.5.2	Raumzeiger im Dreiphasensystem.....	220
11.5.3	Drehfeld bei mehreren Spulen pro Wicklungsstrang	224
12	Die Asynchronmaschine	229
12.1	Kraftentstehung.....	229
12.2	Stator.....	230
12.3	Asynchronmaschine mit Käfigläufer/Kurzschlussläufer	231
12.4	Asynchronmaschine mit Schleifringläufer.....	234

12.5	Anschluss der Asynchronmaschine an das Drehstromnetz.....	236
12.6	Wirkungsweise der Asynchronmaschine	241
12.6.1	Momentbildung	241
12.6.2	Anlauf.....	242
12.7	Spannungsinduktion bei offenen Läuferstromkreisen-Vergleich mit dem Transformator	245
12.8	Ersatzschaltbild der Asynchronmaschine	248
12.8.1	Getrennte Betrachtung von Stator und Rotor.....	248
12.8.2	Umrechnung der Läufergrößen auf den Stator	249
12.8.3	Ersatzschaltbild mit galvanischer Kopplung	250
12.9	Berechnung der Stator- und der Läuferströme.....	252
12.10	Luftspaltleistung und Drehmoment	256
12.10.1	Luftspaltleistung.....	256
12.10.2	Drehmoment.....	257
12.11	Kreisdiagramme und Ortskurven.....	258
12.11.1	Ortskurvenpunkte und Strecken	259
12.11.2	Beispiel einer Ortskurve des Statorstroms.....	260
12.12	Die Belastungskennlinie	262
12.13	Kloßsche Formel	264
12.14	Anfahren und Bremsen.....	266
12.14.1	Stern-Dreieck-Schaltung	266
12.14.2	Anlauf mit Widerständen im Läuferkreis	267
12.14.3	Bremsschaltungen der Asynchronmaschine	267
12.15	Drehzahlsteuerung	268
12.15.1	Änderung der Polpaarzahl	268
12.15.2	Änderung des Schlupfes	269
12.16	Änderung der Frequenz der Drehspannung.....	270
13	Die Synchronmaschine	275
13.1	Aufbau und Wirkungsweise.....	276
13.2	Ersatzschaltbild der Synchronmaschine	278
13.3	Kraftentstehung bei der Innenpol-Synchronmaschine	279
13.3.1	Unter- oder Übererregung.....	282
13.3.2	Antriebsmoment der Vollpol-Synchronmaschine	283
13.4	Permanentmagneterregte Synchronmaschine	285
13.4.1	Bauform.....	286
13.4.2	Momententstehung	287

14	Der Synchron-Servomotor	289
14.1	Servotechnik	289
14.2	Eigenschaften des Synchron-Servomotors.....	293
14.3	Drehfeldsteuerung über Hall-Sensoren	295
14.4	Blockkommutierung	296
14.5	Sinuskommutierung	300
14.6	Lageregelung	302
15	Zusammenfassung	305
16	Lösung der Kontrollfragen	309
Literaturverzeichnis		329
Stichwortverzeichnis		333