

VORWORT

Antriebe stellen, ähnlich wie Magnetbänder, Magnetköpfe und Verstärker, eine wesentliche Grundlage der Magnetischen Signalspeicherung dar. Hierbei sind neben den bekannten Motoren gerade in den letzten Jahren auch eine Vielzahl neuer Antriebsarten, z. B. der kollektorlose Gleichstrommotor, entstanden. Für den Entwickler und Anwender von Magnetischen Signalspeichern gab es bisher kein Buch, das über diese Kleinmotoren brauchbar Auskunft gab. Die beiden Autoren haben als Entwickler im Zentrallabor für Elektrogeräte Karl-Marx-Stadt versucht, ein solches Material zusammenzustellen. Es liegt dem Leser vor und wird ihm sicher bei seiner Arbeit nützlich sein. Wie immer sind Autoren und Herausgeber an kritischen Hinweisen interessiert. Ursprünglich sollten in diesem Band auch noch die spezifischen Getriebe der Magnetbandtechnik erscheinen. Da aber bereits der Umfang der „Motoren“ beträchtlich war, wurde hiervon abgesehen. Hierdurch konnte dieser Band allgemeiner gestaltet werden, so daß alle Belange der Kleinmotoren, insbesondere auch jene der Regelungs- und Steuerungstechnik, die ja in dem umfassenden Rahmen dieser Reihe „Elektronisches Rechnen und Regeln“ Bedeutung besitzen, berücksichtigt werden.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß ergänzendes und vertiefendes Material in folgenden Bänden der Reihe: „Grundlagen der Magnetischen Signalspeicherung“ enthalten ist: Band I enthält weitere Grundlagen zum Magnetismus, im Band II sind allgemeinere Anforderungen und Eigenschaften der Transportwerke erfaßt, und in den Bänden III und IV wird der Einsatz der Kleinmotoren für die speziellen Anwenderzwecke behandelt.

H. VÖLZ

INHALTSVERZEICHNIß

1. Die prinzipielle Wirkungsweise rotierender elektrischer Maschinen
 - 1.1. Das Induktionsgesetz
 - 1.2. Kraftwirkungen auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld.
 - 1.3. Die Grundformen des Luftspaltfeldes und ihre Erzeugung
 - 1.3.1. Das Gleichfeld
 - 1.3.2. Das Wechselfeld
 - 1.3.3. Das Drehfeld
 - 1.4. Die Spannungsinduktion in rotierenden elektrischen Maschinen. . 29
 - 1.4.1. Die transformatorische und rotatorische EMK 29
 - 1.4.2. Die EMK der Kommutatorwicklung 31
 - 1.5. Drehmomente in elektrischen Maschinen 34
 - 1.5.1. Das Drehmoment eines Kommutatormotors 36
 - 1.5.2. Das Induktions- oder Asynchronmoment 38
 - 1.5.3. Das Synchronmoment 39
 - 1.5.4. Das Hysterese moment 41
 - 1.5.5. Das Reluktanzmoment 43
 - 1.6. Übersicht der elektrischen Kleinstmotoren 45
2. Kommutatormotoren 51
 - 2.1. Gleichstrom-Kleinstmaschinen 51
 - 2.1.1. Aufbau 51
 - 2.1.2. Wirkungsweise und Betriebsverhalten 52
 - Das Luftspaltfeld der Gleichstrommaschine und die Ankerrückwirkung 53
 - Kommutatorwicklungen 55
 - Schleifenwicklung 55
 - Wellenwicklung 56
 - Kommutierung 56
 - Einflüsse auf das Laufverhalten der Kohlebürsten. . . 59
 - Elektrische Einflüsse 59
 - Neutrale Zone 59
 - Lamellenspannung 59
 - Feldanzapfungen zur Drehzahlstellung 59
 - Spezifische Belastung von Kohlebürsten 59
 - Elektrischer Widerstand des Kohlebürstenmaterials und der Kontaktspannungsabfall 64
 - Mechanische Einflüsse 65
 - Kommutatorgüte 65
 - Bürstendruck 65
 - 2.2. Überschlägliche Dimensionierung
 - 2.2.1. Gleichstrom-Nebenschlußmaschine 67
 - Gleichungen und Ersatzschaltbild für den stationären Betrieb 67
 - Die Verluste im Motor 68
 - Kupferverluste 70
 - Eisenverluste oder Ummagnetisierungsverluste 70
 - Spezifische Wirbelstromverluste 72
 - Spezifische Hystereseverluste 72
 - Reibungsverluste 72
 - Lagerreibung 73
 - Gleitlager 73
 - Wälzlager 74
 - Bürstenreibung 74
 - Luftreibung 75
 - Bestimmung der Hauptabmessungen 75
 - Die Grundgleichungen der Gleichstrommaschine 76
 - 2.2.2. Gleichstrom-Reihenschlußmaschine 78
 - Gleichungen und Ersatzschaltbild für den stationären Betrieb 78
 - 2.3. Sonderbauformen von Gleichstrom-Kleinstmaschinen 79
 - 2.3.1. Motoren mit Scheibenläufern 80

Aufbau und Wirkungsweise	80
Die Besonderheiten der Scheibenläufermaschine	82
Das stationäre Betriebsverhalten	85
2.3.2. Motoren mit glockenförmigem Läufer	90
Beschreibung eines Gleichstrommotors mit eisenloser glockenförmiger Läuferentwicklung	90
Wesentliche Gesichtspunkte bei der Dimensionierung	94
Bestimmung der Hauptabmessungen	95
Bestimmung der elektromechanischen Zeitkonstante	97
2.3.3. Die kommutatorlose Gleichstrommaschine	99
Aufbau und Wirkungsweise	99
Vorzüge	99
Prinzip des elektrischen Kommutators	100
Wirkungsweise	102
Ausführungsmöglichkeiten des Rotorlagegebers	105
Photoelektrischer Lagegeber	105
Lagegeber mit galvanischen Elementen	107
Lagegeber mit induktiven Bauelementen	111
Gegenüberstellung verschiedener Ankerwicklungsanordnungen	113
Betriebsverhalten der kommutatorlosen Gleichstrommaschine	115
2.4. Der Einsatz von Dauermagneten	117
2.4.1. Kenngrößen von Dauermagneten	118
Maximale magnetische Energiedichte	118
Remanente Induktion	118
Koerzitivfeldstärke	120
Permeabilität	120
Temperaturverhalten	121
2.4.2. Überschlägliche Berechnung von Dauermagnetpolen	123
Steigerung der Scherungslinie bzw. Arbeitsgeraden	125
2.4.3. Dimensionierung der Magnetpole kleiner Gleichstrommaschinen	126
2.4.4. Konstruktive Ausführung von Gleichstrommotoren mit Dauermagneten	128
Konstruktionen mit Alnico-Dauermagneten	128
Konstruktionen mit Barium- oder Strontium-Dauermagneten	129
2.5. Der Einphasen-Kommutatormotor	129
2.5.1 Aufbau und Schaltung	129
Repulsionsmotor	131
2.5.2. Wirkungsweise und Betriebsverhalten	131
Drehmoment	131
EMK und Zeigerdiagramm	132
2.5.3. Bestimmung der Hauptabmessungen	135
3. Drehfeldmaschinen	139
3.1. Drehstrom-Asynchronmaschine	139
3.1.1. Aufbau und Schaltung	139
3.1.2. Wirkungsweise und Betriebsverhalten	144
Leistung und Verluste	141
Spannungsgleichungen	142
Ersatzschaltbild und Zeigerdiagramm	144
Läuferstrom und Drehmoment	144
Polumschaltbare Drehstrommotoren	145
Steinmetzschtaltung	146
3.1.3. Bestimmung der Hauptabmessungen	148
3.2. Einphasen-Asynchronmaschine	150
3.2.1. Aufbau und Schaltung	150
3.2.2. Wirkungsweise und Betriebsverhalten	151
Einphasen-Induktionsmotor ohne Hilfsphase	153
Einphasen-Induktionsmotor mit Widerstandsanlaßphase	155
Einphasen-Induktionsmotor mit Kondensatoranlaßphase	156
Der dreisträngige Betriebskondensatormotor in Steinmetzschtaltung	158
Der zweisträngige Doppelkondensatormotor	159
3.3. Ein- und mehrphasige Synchronmotoren	161
3.3.1. Der Hysteresemotor	161
Aufbau und Schaltung	161
Wirkungsweise und Betriebsverhalten	162
Bestimmung der Hauptabmessungen	164
Kriterien für die Konstruktion	164
Betriebsverhalten	167
3.3.2. Der Reluktanzmotor	168
Aufbau und Schaltung	168
Wirkungsweise und Betriebsverhalten	170
3.3.3. Der Magnetläufermotor	171
Aufbau und Schaltung	171
Wirkungsweise und Betriebsverhalten	172
Das Synchronmoment im Einphasenmotor	173
Pendelmomente	174

3.4. Der Spaltmotor	175
3.4.1. Aufbau und Schaltung	175
3.4.2. Wirkungsweise und Betriebsverhalten	177
Streustege	178
Kreuzpolschaltung	180
3.4.3. Bestimmung der Hauptabmessungen	181
3.5. Der Ferrarismotor	182
3.5.1. Elektrischer und mechanischer Aufbau, Wirkungsweise.	182
3.5.2. Anwendungsmöglichkeiten von Ferrarismaschinen	183
3.6. Drehmelder	184
3.6.1. Aufbau, Schaltung und Wirkungsweise	184
Die Drehmoment-Drehmelderkette	185
Steuerdrehmelderkette	188
4. Die Bewegungsgleichung rotierender elektrischer Maschinen	191
4.1. Prinzipieller Aufbau des elektrischen Antriebs	191
4.2. Das Motormoment	192
4.3. Das Widerstandsmoment	194
4.4. Das Beschleunigungsmoment	196
4.5. Statische Stabilität des Antriebs	196
5. Das Betriebsverhalten der Gleichstrommaschine	199
5.1. Die Nebenschlußmaschine	200
5.1.1. Möglichkeiten der Drehzahlstellung.	203
Drehzahlstellung durch Änderung der Ankerspannung	203
Drehzahlstellung durch Ankervorwiderstand	206
Drehzahlstellung durch Feldschwächung	207
5.1.2. Anlassen	209
5.1.3. Bremsen	215
5.2. Die Reihenschlußmaschine	217
5.2.1. Möglichkeiten der Drehzahlstellung	219
Drehzahlstellung durch Änderung der Ankerspannung	220
Drehzahlstellung durch Ankervorwiderstand	220
Drehzahlstellung durch Feldschwächung	223
5.2.2. Anlassen	224
5.2.3. Bremsen	225
5.3. Die Doppelschlußmaschine	228
6. Das Betriebsverhalten der Drehfeldmaschinen	231
6.1. Das Betriebsverhalten der Asynchronmaschinen	231
6.2. Drehzahlstellung der Asynchronmaschine	232
6.2.1. Verlustarme Drehzahlstellung	233
Polumschaltung	233
Drehzahlstellung durch Frequenzänderung	237
6.2.2. Verlustbehaftete Drehzahlstellung	238
Netzspannungsänderung	238
Vorwiderstand im Ständerkreis	243
Drehzahlstellung der Zweiphasen-Stellmotoren	244
Zusatzwiderstand im Läuferkreis	246
6.3. Anlassen der Asynchronmaschine	247
6.4. Bremsen der Asynchronmaschine	249
6.4.1. Übersynchrone Bremsung	249
6.4.2. Gleichstrombremsung	249
6.4.3. Gegenstrombremsung	251
6.5. Reversieren der Asynchronmaschine	254
6.6. Das Betriebsverhalten der Synchronmaschine	255
6.7. Drehzahlstellen, Anlassen und Bremsen der Synchronmaschine.	258
6.7.1. Drehzahlstellen	258
6.7.2. Anlassen	259
6.7.3. Bremsen	259
7. Prüfung elektrischer Kleinmaschinen	261
7.1. Meßwerterfassung und Registrierung	261
7.1.1. Drehmomentenmessungen	261
Momentengeber	262
7.1.2. Drehzahlmessungen	262
7.2. Beschreibung verschiedener Prüfverfahren	264
7.2.1. Hochlaufversuch	264
7.2.2. Seilbremseinrichtung	267
7.2.3. Wirbelstrombremseinrichtung	267
7.2.4. Bremsrichtung mit Gleichstrompendelgenerator oder Hysteresependelbremse	269
7.2.5. Reaktionsmomentenmessungen	269
7.2.6. Prüfverfahren für Kleinstmotoren	271
7.3. Messung der Erwärmung	273
7.3.1. Messung der Temperaturen	275
7.4. Spezielle Messungen für Schlupf- und Drehbeschleunigung, Messung des Gleichlaufes	276
7.5. Funkstörprüfungen	277

5.7.1. Funkstörfeldstärkemessung mittels Stromzange nach CISPR	278
7.5.2. Funkentstörschaltungen	280
7.5.3. Funkentstörkondensatoren nach TGL 11 840	281
7.5.4. LC-Funkentstörkombinationen	281
7.6. Geräusch- und Schwingungsmessungen	282
7.6.1. Allgemeine Betrachtungen	282
7.6.2. Schwingungsmessung	282
7.6.3. Geräuschmessung	284
B. Zusammenstellung der wichtigsten Standards, die das Fachgebiet der elektrischen Kleinmaschinen betreffen	287
Literaturverzeichnis	293
Sachwortverzeichnis	303