

Inhalt

1	Allgemeine Grundlagen elektrischer Maschinen	11
1.1	Grundgesetze und Bauarten elektrischer Maschinen	11
1.1.1	Spannungen und Kräfte im magnetischen Feld	11
1.1.2	Bestimmung magnetischer Felder	15
1.1.3	Energiewandlung und Bezugspfeilsysteme	18
1.1.4	Klassifizierung elektrischer Maschinen	21
1.2	Der magnetische Kreis elektrischer Maschinen	22
1.2.1	Aufbau magnetischer Kreise	22
1.2.2	Elektrobleche und Eisenverluste	24
1.2.3	Der magnetische Kreis mit Dauermagneten	27
2	Gleichstrommaschinen	33
2.1	Aufbau und Bauteile	33
2.1.1	Prinzipieller Aufbau	33
2.1.2	Bauteile einer Gleichstrommaschine	36
2.1.3	Ankerwicklungen	39
2.1.4	Sonderbauformen der Gleichstrommaschine	46
2.2	Luftspaltfelder	49
2.2.1	Erregerfeld und Ankerrückwirkung	49
2.2.2	Spannungserzeugung und Drehmoment	53
2.2.3	Stromwendung	57
2.2.4	Wendepole und Kompensationswicklung	61
2.3	Betriebskennlinien von Gleichstrommaschinen	65
2.3.1	Anschlußbezeichnungen und Schaltbilder	65
2.3.2	Kennlinien von Gleichstromgeneratoren	66
2.3.3	Kennlinien von Gleichstrommotoren	70
2.4	Steuerung von Gleichstrommotoren	77
2.4.1	Methoden der Drehzahleinstellung	77
2.4.2	Anlassen und Bremsbetrieb	82
2.4.3	Dynamisches Verhalten von Gleichstrommaschinen	85
2.5	Stromrichterbetrieb der Gleichstrommaschine	88
2.5.1	Netzgeführte Stromrichterantriebe	88
2.5.2	Antriebe mit Gleichstromsteller	91
2.5.3	Probleme der Stromrichterspeisung	94
3	Transformatoren	107
3.1	Aufbau und Bauformen	108
3.1.1	Eisenkerne von Einphasen- und Drehstromtransformatoren	108
3.1.2	Wicklungen	111
3.1.3	Wachstumsgesetze und Kühlung	112

3.2 Betriebsverhalten des Einphasentransformators	116
3.2.1 Spannungsgleichungen und Ersatzschaltung	116
3.2.2 Leerlauf und Magnetisierung	120
3.2.3 Belastung des Transformators	125
3.2.4 Kurzschluß des Transformators	128
3.2.5 Transformatorgeräusche	132
3.3 Betriebsverhalten von Drehstromtransformatoren	132
3.3.1 Schaltzeichen und Schaltgruppen	132
3.3.2 Magnetisierung von Drehstromtransformatoren	134
3.3.3 Drehstromschaltungen bei unsymmetrischer Belastung	136
3.3.4 Parallelbetrieb von Transformatoren	140
3.4 Sondertransformatoren	142
3.4.1 Übersetzungsänderung und Phasenvervielfachung	142
3.4.2 Kleintransformatoren und Meßwandler	143
3.4.3 Spartransformatoren und Drosselpulen	145
4 Allgemeine Grundlagen der Drehstrommaschinen	149
4.1 Drehstromwicklungen	149
4.1.1 Ausführungsformen von Drehstromwicklungen	149
4.1.2 Wicklungsfaktoren	152
4.2 Umlaufende Magnetfelder	157
4.2.1 Durchflutung und Feld eines Wicklungsstrangs	157
4.2.2 Drehfelder	160
4.2.3 Blindwiderstände einer Drehstromwicklung	167
4.2.4 Spannungserzeugung und Drehmoment	168
4.3 Symmetrische Komponenten	171
4.3.1 Dreiphasensystem	171
4.3.2 Zweiphasensystem	173
5 Asynchronmaschinen	176
5.1 Aufbau und Wirkungsweise	176
5.1.1 Ständer und Läufer der Asynchronmaschine	176
5.1.2 Asynchrones Drehmoment und Frequenzumformung	178
5.1.3 Drehtransformatoren	182
5.2 Darstellung der Betriebseigenschaften	186
5.2.1 Spannungsgleichungen und Ersatzschaltung	186
5.2.2 Leistungsaufteilung und Drehmoment	188
5.2.3 Stromortskurve	194
5.2.4 Betriebsbereiche und Belastungskennlinien	204
5.2.5 Drehmomente und Kräfte der Oberfelder	206
5.3 Steuerung von Drehstrom-Asynchronmaschinen	214
5.3.1 Methoden der Drehzahleinstellung	214
5.3.2 Anlassen und Bremsbetrieb	225
5.3.3 Dynamisches Verhalten von Asynchronmaschinen	233

5.4	Stromrichter gespeiste Drehstrom-Asynchronmaschinen	235
5.4.1	Spannungsänderung mit Drehstromstellern	236
5.4.2	Untersynchrone Stromrichter kaskade	240
5.4.3	Umrichterbetrieb der Drehstrom-Asynchronmaschine	244
5.5	Spezielle Bauformen und Betriebsarten der Drehstrom-Asynchronmaschine	249
5.5.1	Asynchronmaschinen mit Stromverdrängungs- und Doppelstabläufer	249
5.5.2	Linearmotoren	252
5.5.3	Asynchrongeneratoren	256
5.5.4	Die elektrische Welle	259
5.6	Einphasige Asynchronmaschinen	260
5.6.1	Einphasenmotoren ohne Hilfswicklung	260
5.6.2	Einphasenmotoren mit Kondensatorhelfswicklung	262
5.6.3	Einphasenmotoren mit Widerstandshelfswicklung	267
5.6.4	Der Drehstrommotor am Wechselstromnetz	269
5.6.5	Spaltpolmotoren	274
6	Synchronmaschinen	277
6.1	Aufbau der Synchronmaschine	277
6.1.1	Bauformen	277
6.1.2	Erregersysteme	282
6.1.3	Synchronmaschinen mit Dauermagneterregung	285
6.2	Betriebsverhalten der Vollpolmaschine	286
6.2.1	Erregerfeld und Ankerrückwirkung	286
6.2.2	Zeigerdiagramm und Ersatzschaltung	290
6.2.3	Belastung der Synchronmaschine im Inselbetrieb	291
6.2.4	Die Synchronmaschine im Netzbetrieb	299
6.2.5	Besonderheiten der Schenkelpolmaschine	306
6.3	Verhalten der Synchronmaschine im nichtstationären Betrieb	313
6.3.1	Anlaufverfahren	313
6.3.2	Drehzahlsteuerung der Synchronmaschine	314
6.3.3	Pendelungen und unsymmetrische Belastung	318
6.3.4	Die Synchronmaschine in Zweiachsendarstellung	321
6.3.5	Stoßkurzschluß	325
6.4	Sonderbauarten von Synchronmaschinen	330
6.4.1	Grenzleistungs-Turbogeneratoren	330
6.4.2	Die Einphasen-Synchronmaschine	332
6.4.3	Reluktanz- und Hysterese motoren	333
6.4.4	Schrittmotoren	335
7	Stromwendermaschinen für Wechsel- und Drehstrom	341
7.1	Stromwendermaschinen für Wechselstrom	341
7.1.1	Einphasen-Reihenschlußmotoren	341
7.1.2	Universalmotoren	350

7.2 Drehstrom-Kommutatormaschinen	352
7.2.1 Der ständergespeiste Nebenschlußmotor	353
7.2.2 Der läufergespeiste Nebenschlußmotor	356
8 Betriebsbedingungen elektrischer Maschinen	357
8.1 Elektrotechnische Normung und Vorschriften	357
8.2 Bauformen und Schutzarten	361
8.3 Schlagwetter- und Explosionsschutz	364
8.4 Verluste, Erwärmung und Kühlung	367
8.5 Nennbetriebsarten	373
8.6 Leistungsschild elektrischer Maschinen	376
9 Anhang	379
Schrifttum	379
Formelzeichen und Einheiten	385
Sachwortverzeichnis	389