

CARL HANSER VERLAG

Rolf Fischer

Elektrische Maschinen

3-446-22693-1

www.hanser.de

Inhalt

1 Allgemeine Grundlagen elektrischer Maschinen	11
1.1 Prinzipien elektrischer Maschinen	11
1.1.1 Vorgaben im Elektromaschinenbau	11
1.1.2 Energiewandlung und Bezugspfeile	12
1.1.3 Bauarten und Gliederung elektrischer Maschinen	15
1.1.4 Leistung und Bauvolumen elektrischer Maschinen	17
1.2 Der magnetische Kreis elektrischer Maschinen	18
1.2.1 Aufbau magnetischer Kreise	18
1.2.2 Elektroleche und Eisenverluste	21
1.2.3 Spannungen und Kräfte im Magnetfeld	23
1.2.4 Der magnetische Kreis mit Dauermagneten	25
2 Gleichstrommaschinen	32
2.1 Aufbau und Bauteile	32
2.1.1 Prinzipieller Aufbau	32
2.1.2 Bauteile einer Gleichstrommaschine	35
2.1.3 Ankerwicklungen	37
2.1.4 Sonderbauformen von Gleichstrommaschinen	44
2.2 Luftspaltfelder und Betriebsverhalten	47
2.2.1 Erregerfeld und Ankerrückwirkung	47
2.2.2 Spannungserzeugung und Drehmoment	51
2.2.3 Stromwendung	55
2.2.4 Wendepole und Kompensationswicklung	59
2.3 Kennlinien und Steuerung von Gleichstrommaschinen	64
2.3.1 Anschlussbezeichnungen und Schaltbilder	64
2.3.2 Kennlinien von Gleichstrommaschinen	66
2.3.3 Verfahren zur Drehzahländerung	74
2.3.4 Dynamisches Verhalten von Gleichstrommaschinen	80
2.4 Stromrichterbetrieb von Gleichstrommaschinen	81
2.4.1 Netzgeführte Stromrichterantriebe	81
2.4.2 Antriebe mit Gleichstromsteller	86
2.4.3 Probleme der Stromrichterspeisung	88
3 Transformatoren	99
3.1 Aufbau und Bauformen	100
3.1.1 Eisenkerne von Wechsel- und Drehstromtransformatoren	101
3.1.2 Wicklungen	103
3.1.3 Wachstumsgesetze und Kühlung	103
3.2 Betriebsverhalten von Einphasentransformatoren	108
3.2.1 Spannungsgleichungen und Ersatzschaltung	108
3.2.2 Leerlauf und Magnetisierung	112

3.2.3	Belastung des Transformators	117
3.2.4	Kurzschluss des Transformators	120
3.2.5	Transformatorgeräusche	124
3.3	Betriebsverhalten von Drehstromtransformatoren	125
3.3.1	Schaltzeichen und Schaltgruppen	125
3.3.2	Schaltgruppen bei unsymmetrischer Belastung	127
3.3.3	Direkter Parallelbetrieb	131
3.4	Sondertransformatoren	133
3.4.1	Änderung der Übersetzung und der Strangzahl	133
3.4.2	Kleintransformatoren und Messwandler	134
3.4.3	Spartransformatoren und Drosselspulen	135
4	Allgemeine Grundlagen der Drehstrommaschinen	141
4.1	Drehstromwicklungen	141
4.1.1	Ausführungsformen einer Drehstromwicklung	141
4.1.2	Wicklungsfaktoren	144
4.2	Umlaufende Magnetfelder	150
4.2.1	Durchflutung und Feld eines Wicklungsstrangs	150
4.2.2	Drehfelder	153
4.2.3	Blindwiderstände einer Drehstromwicklung	160
4.2.4	Spannungserzeugung und Drehmoment	162
4.3	Symmetrische Komponenten	164
4.3.1	Drehstromsystem	164
4.3.2	Zweiphasensystem	167
5	Asynchronmaschinen	170
5.1	Aufbau und Wirkungsweise	170
5.1.1	Ständer und Läufer der Asynchronmaschine	170
5.1.2	Asynchrones Drehmoment und Frequenzumformung	172
5.1.3	Drehtransformatoren	176
5.2	Darstellung der Betriebseigenschaften	179
5.2.1	Spannungsgleichungen und Ersatzschaltung	179
5.2.2	Einzelleistungen und Drehmomente	181
5.2.3	Stromortskurve	187
5.2.4	Betriebsbereiche und Kennlinien	197
5.2.5	Drehmomente und Kräfte der Oberfelder	199
5.3	Steuerung von Drehstrom-Asynchronmaschinen	207
5.3.1	Verfahren zur Drehzahländerung	207
5.3.2	Betrieb mit frequenzvariabler Spannung	214
5.3.3	Anlass- und Bremsverfahren	220
5.3.4	Unsymmetrische Betriebszustände	228
5.3.5	Dynamisches Verhalten von Asynchronmaschinen	232
5.4	Stromrichterbetrieb von Asynchronmaschinen	235
5.4.1	Spannungsänderung mit Drehstromstellern	235
5.4.2	Untersynchrone Stromrichter-kaskade	239

5.4.3 Einsatz von Frequenzumrichtern	243
5.4.4 Probleme der Stromrichterspeisung	249
5.5 Spezielle Bauformen und Betriebsarten der Asynchronmaschine	251
5.5.1 Stromverdrängungs- und Doppelstabläufer	251
5.5.2 Linearmotoren	253
5.5.3 Asynchrongeneratoren	257
5.5.4 Die Elektrische Welle	260
5.5.5 Doppeltgespeiste Schleifringläufermotoren	261
5.5.6 Energiesparmotoren	263
5.6 Einphasige Asynchronmaschinen	266
5.6.1 Einphasenmotoren ohne Hilfswicklung	266
5.6.2 Einphasenmotoren mit Kondensatorhilfswicklung	268
5.6.3 Einphasenmotoren mit Widerstandshilfswicklung	273
5.6.4 Der Drehstrommotor am Wechselstromnetz	275
5.6.5 Spaltpolmotoren	278
6 Synchronmaschinen	282
6.1 Aufbau von Synchronmaschinen	282
6.1.1 Bauformen	282
6.1.2 Erregersysteme	286
6.1.3 Synchronmaschinen mit Dauermagneterregung	290
6.2 Betriebsverhalten der Vollpolmaschine	291
6.2.1 Erregerfeld und Ankerrückwirkung	291
6.2.2 Zeigerdiagramm und Ersatzschaltung	295
6.2.3 Synchronmaschinen im Alleinbetrieb	296
6.2.4 Synchronmaschinen im Netzbetrieb	304
6.2.5 Besonderheiten der Schenkelpolmaschine	310
6.3 Verhalten der Synchronmaschine im nichtstationären Betrieb	317
6.3.1 Drehzahlsteuerung und Stromrichterbetrieb	317
6.3.2 Pendelungen und unsymmetrische Belastung	321
6.3.3 Die Synchronmaschine in Zweichsendarstellung	324
6.3.4 Stoßkurzschluss	328
6.4 Spezielle Bauarten von Synchronmaschinen	332
6.4.1 Turbogeneratoren	332
6.4.2 Die Einphasen-Synchronmaschine	335
6.4.3 Dauermagneterregte AC-Servomotoren	335
6.4.4 Synchrone Langstator-Linearmotoren	341
6.5 Synchrone Kleinmaschinen	344
6.5.1 Reluktanzmotoren	344
6.5.2 Hystereseomotoren	347
6.5.3 Schrittmotoren	349
7 Stromwendermaschinen für Wechsel- und Drehstrom	354
7.1 Übersicht	354
7.2 Wechselstrom-Bahnmotoren	355
7.3 Universalmotoren	362

8 Betriebsbedingungen elektrischer Maschinen	367
8.1 Elektrotechnische Normung und Vorschriften	367
8.2 Bauformen und Schutzarten	370
8.3 Explosionsgeschützte Ausführungen	373
8.4 Verluste, Erwärmung und Kühlung	376
8.5 Betriebsarten und Leistungsschildangaben	382
9 Anhang	388
Schrifttum	388
Formelzeichen und Einheiten	395
Berechnung der Aufgaben	399
Sachwortverzeichnis	404