

Inhaltsübersicht

Vorwort		13
Kapitel 1	Grundlagen der elektromagnetischen Energiewandlung	15
Kapitel 2	Transformatoren	85
Kapitel 3	Stromwendermaschinen	145
Kapitel 4	Grundlagen der Drehfeldmaschinen	197
Kapitel 5	Induktionsmaschinen	223
Kapitel 6	Synchronmaschinen	295
Kapitel 7	Kleinmaschinen	371
Kapitel 8	Linearmaschinen	415
Kapitel 9	Sekundärfunktionen	435
Anhang A	Formelzeichenverzeichnis	449
Register		455

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	13
Kapitel 1 Grundlagen der elektromagnetischen Energiewandlung	15
Lernziele	16
1.1 Feldtheoretische Zusammenhänge	17
1.1.1 Durchflutungsgesetz	17
1.1.2 Flussgesetze	25
1.1.3 Materialgesetze	26
1.1.4 Magnetfelder	31
1.1.5 Magnetkreise	37
1.1.6 Induktionsgesetz	44
1.1.7 Kraftwirkungsgesetz	51
1.1.8 Drehmomentbildung	55
1.2 Einteilung elektrischer Maschinen	59
1.2.1 Einteilung nach der Flussführung	59
1.2.2 Einteilung nach der Stromart	61
1.2.3 Einteilung nach der Bewegungsart	61
1.2.4 Einteilung nach dem Drehzahlverhalten	62
1.3 Leistungs- und Energiebilanz	63
1.3.1 Leistungsbilanz	63
Exkurs	66
1.3.2 Energiebilanz	68
1.3.3 Wirkungsgrad und Energieeffizienz	75
1.4 Entwurf elektromagnetischer Energiewandler	76
1.4.1 Ausnutzung	77
1.4.2 Grundabmessungen	78
Zusammenfassung	83
Literatur	83
Kapitel 2 Transformatoren	85
Lernziele	86
2.1 Einführung	87
2.2 Einphasentransformatoren	89
2.2.1 Grundprinzip	89
2.2.2 Aufbau und technische Ausführung	90
2.2.3 Beschreibung des Transformators	94
2.2.4 Betriebsverhalten	102
2.2.5 Verluste und Wirkungsgrad	107

2.3	Drehstromtransformatoren	108
2.3.1	Magnetischer Aufbau	108
2.3.2	Elektrische Schaltungen	110
2.3.3	Schaltgruppen	113
2.3.4	Betriebsverhalten des Drehstromtransformators	115
2.4	Spezialtransformatoren	119
2.4.1	Spartransformatoren	119
2.4.2	Stromrichtertransformatoren	122
2.4.3	Streu Feldtransformatoren	125
2.4.4	Stelltransformatoren	125
2.4.5	Mittelfrequenztransformatoren.	127
2.4.6	Kontaktlose Energieübertragung.	128
2.5	Wachstumsgesetze	131
2.6	Messungen an Transformatoren	132
2.6.1	Leerlaufversuch.	132
2.6.2	Kurzschlussversuch	134
2.7	Entwurfsgrundlagen	136
2.7.1	Magnetischer Entwurf	136
2.7.2	Elektrischer Entwurf	137
	Zusammenfassung	143
	Literatur.	143

Kapitel 3 Stromwendermaschinen 145

	Lernziele	146
3.1	Gleichstrommaschinen.	147
3.1.1	Aufbau	147
3.1.2	Magnetfelderzeugung	153
3.1.3	Stromwendung	159
	Exkurs	161
3.1.4	Induzierte Spannung.	162
3.1.5	Drehmoment	166
3.1.6	Betriebsverhalten	168
3.1.7	Verluste und Wirkungsgrad	181
3.2	Universalmaschinen	182
3.2.1	Aufbau	182
3.2.2	Magnetfelder und Spannungsinduktion	183
3.2.3	Drehmoment	185
3.3	Einphasen-Wechselstrom-Bahnmotoren	189
3.3.1	Aufbau	190
3.3.2	Magnetfelder und Spannungsinduktion	191
3.3.3	Betriebsverhalten	191
3.4	Entwurf eines Gleichstrommotors	192
3.4.1	Ausnutzung	192
3.4.2	Hauptabmessungen	194
	Zusammenfassung	196
	Literatur.	196

Kapitel 4	Grundlagen der Drehfeldmaschinen	197
	Lernziele	198
4.1	Magnetfelder	199
4.2	Spannungsinduktion eines Drehfeldes	209
4.3	Drehmomentbildung in Drehfeldmaschinen	215
4.4	Betriebszustände der Drehfeldmaschinen	218
	Zusammenfassung	222
	Literatur	222
Kapitel 5	Induktionsmaschinen	223
	Lernziele	224
5.1	Konstruktiver Aufbau	225
	5.1.1 Stator	225
	5.1.2 Rotor	227
5.2	Grundwellenmodell und Ersatzschaltbild	228
5.3	Kreisdiagramm der Käfigläufermaschine	234
	5.3.1 Stromdiagramme bei 50-Hz-Netzbetrieb	234
	5.3.2 Stromortskurve der streuungsfreien Maschine	239
5.4	Betriebsverhalten der Käfigläufermaschine	241
	5.4.1 Leistungsbilanz	241
	5.4.2 Drehmoment	242
	5.4.3 Betriebsströme	246
	5.4.4 Verluste	248
	5.4.5 Anlauf	252
	5.4.6 Bremsen	256
	5.4.7 Drehzahlstellung	260
	Exkurs	269
	5.4.8 Asynchrongenerator	271
5.5	Stromortskurven der Schleifringläufermaschine	275
	5.5.1 Stromortskurven bei passivem Widerstandsbetrieb	276
	5.5.2 Stromortskurven bei Rotorspeisung	276
5.6	Betriebsverhalten der Schleifringläufermaschine	280
	5.6.1 Leistungsbilanz	280
	5.6.2 Drehmoment	281
	5.6.3 Anlaufen	283
	5.6.4 Bremsen	283
	5.6.5 Drehzahlstellung	285
5.7	Entwurf	288
	5.7.1 Ausnutzung	288
	5.7.2 Hauptabmessungen	291
	5.7.3 Wicklungsentwurf	291
	Zusammenfassung	294
	Literatur	294

Kapitel 6	Synchronmaschinen	295
	Lernziele	296
6.1	Aufbau von Synchronmaschinen.	297
6.1.1	Anker	297
6.1.2	Rotor	297
6.1.3	Erregereinrichtung	299
6.2	Kühlung.	304
6.2.1	Luftkühlung	305
6.2.2	Wasserstoffkühlung.	306
6.2.3	Flüssigkeitskühlung	306
6.2.4	Tieftemperaturkühlung für Hochtemperatur-Supraleiter (HTSL).	306
6.3	Prinzipielle Wirkungsweise	307
6.4	Vollpol-Synchronmaschine	308
6.4.1	Magnetfelder	308
6.4.2	Induktionsspannungen	312
6.4.3	Zeigerdiagramm und Ersatzschaltbild	314
6.4.4	Stromortskurve	317
6.4.5	Betriebsverhalten am starren Netz	320
6.4.6	Betriebsverhalten am Inselnetz	328
6.5	Schenkelpol-Synchronmaschine	334
6.5.1	Magnetfelder und Induktionsspannungen.	334
6.5.2	Zeigerdiagramm	338
6.5.3	Stromortskurve	339
6.5.4	Betriebsverhalten	341
6.6	Permanentmagneterregte Synchronmaschine	344
6.6.1	Aufbau	344
6.6.2	Magnetfelder	348
6.6.3	Betriebsverhalten bei blockförmiger Stromkommutierung.	351
6.6.4	Betriebsverhalten bei sinusförmiger Stromkommutierung.	356
6.6.5	Netzgespeiste selbstanlaufende PM-Synchronmaschine.	359
6.7	Synchrone Reluktanzmaschinen	361
6.7.1	Aufbau	362
6.7.2	Magnetfelder	363
6.7.3	Betriebsverhalten	364
	Zusammenfassung	368
	Literatur.	369
Kapitel 7	Kleinmaschinen	371
	Lernziele	372
7.1	Einphasen-Wechselstrommaschinen	373
7.1.1	Wechselfelder	373
7.1.2	Spannungsinduktion.	374
7.1.3	Drehmomentbildung.	374
7.1.4	Bauformen und Betriebsverhalten	376
7.1.5	Drehstrommaschine am Einphasennetz.	386

7.2	Synchron-Kleinmaschinen	388
7.2.1	Permanentmagnet-Synchronmotor	388
7.2.2	Synchrone Reluktanzmaschine	390
7.2.3	Geschaltete Reluktanzmaschine	394
7.2.4	Hysteresemotor	398
7.3	Schrittmotoren	398
7.3.1	Bauarten	398
7.3.2	Betriebsverhalten	400
7.4	Kommutator-Kleinmaschinen	404
7.4.1	Aufbau	405
7.4.2	Betriebsverhalten	407
	Zusammenfassung	414
	Literatur	414
Kapitel 8 Linearmaschinen		415
8.1	Aufbau	416
8.2	Wanderfeld	420
8.3	Asynchroner Linearmotor	422
8.3.1	Aufbau und Wirkungsweise	422
8.3.2	Betriebsverhalten	424
8.4	Synchroner Linearmotor	427
8.4.1	Aufbau und Wirkungsweise	427
8.4.2	Kennwerte	431
8.5	Wachstumsgesetze und Auslegung	432
	Zusammenfassung	434
	Literatur	434
Kapitel 9 Sekundärfunktionen		435
9.1	Erwärmung und Kühlung	436
9.1.1	Wärmetransport	436
9.1.2	Erwärmungsvorgänge	439
9.1.3	Kühlverfahren und Kühlmittel	442
9.1.4	Erwärmungsprüfung	445
9.2	Isolierung	445
9.2.1	Wicklungsisolierung	446
9.2.2	Standards zur Isolierung und Spannungsprüfung	448
	Zusammenfassung	448
	Literatur	448
Anhang A Formelzeichenverzeichnis		449
A.1	Variable	450
A.2	Indizes	452
Register		455