

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Formelzeichen und Abkürzungen	XI
1 Energie als primäre Antriebsgröße	1
1.1 Die zugeschnittene Größengleichung	1
1.2 Formelsammlung zur Energieumwandlung	4
1.3 Mechanische Energie	8
1.4 Chemische Energie	10
1.4.1 Das Periodensystem	10
1.5 Nukleare Energie	17
1.6 Elektrische und magnetische Feldenergie	17
1.7 Gravitationsenergie	18
1.8 Solarenergie	18
1.9 Übungsaufgaben zu Kapitel 1	20
▶ Aufgabe 1.1	20
▶ Aufgabe 1.2	20
▶ Aufgabe 1.3	20
▶ Aufgabe 1.4	21
▶ Aufgabe 1.5	21
2 Elektrochemische Energiespeicher und -wandler	23
2.1 Akkumulatoren	23
2.1.1 AGM- und Gel-Technologie	25
2.2 Die Brennstoffzelle	26
2.3 Kondensatoren	30
Technische Ausführungen	33
2.4 Lithiumionen-Akkumulator	33
2.5 Übungsaufgaben zu Kapitel 2	36
▶ Aufgabe 2.1	36
▶ Aufgabe 2.2	36
▶ Aufgabe 2.3	36
▶ Aufgabe 2.4	36
▶ Aufgabe 2.5	37
▶ Aufgabe 2.6	37
3 Transformatoren	39
3.1 Magnetfeldgleichungen	39
3.1.1 Das Durchflutungsgesetz	39
3.1.2 Die magnetische Flussdichte B	39

3.1.3	Der magnetische Fluss ϕ	40
3.1.4	Der magnetische Widerstand R_m	40
3.1.5	Das „Ohmsche Gesetz“ für Magnetkreise	40
3.1.6	Fremdinduktion	40
3.1.7	Selbstinduktion	41
3.2	Gekoppelte Spulen	44
3.2.1	Idealer Übertrager	45
3.2.2	Transformator mit Streufluss	45
3.3	Spannungsgleichungen des Transformators	46
3.4	Ersatzschaltbilder für Transformatoren	48
3.4.1	Ersatzschaltbild des idealen Transformators	48
3.4.2	Ersatzschaltbild des realen Transformators	49
3.4.3	Zeigerbild des Transformators	50
3.5	Verluste eines Transformators	51
3.5.1	Verluste im Leerlauf	51
3.5.2	Ströme und Verluste im Kurzschluss	53
3.6	Dreiphasenspannungssysteme	53
3.6.1	Einphasen-Spannungsversorgung mit Schutzkontakt	53
3.6.2	Dreiphasen-Spannungsversorgung	54
	Vorteile des Dreiphasensystems	57
3.6.2.1	Symmetrische Last	57
3.6.3	Leistung im Dreiphasensystem	58
3.6.3.1	Symmetrische Last in Sternschaltung	58
3.6.3.2	Symmetrische Last in Dreieckschaltung	58
3.6.3.3	Leistung bei unsymmetrischer Last	59
3.7	Technische Ausführungen von Transformatoren	61
3.7.1	Wirbelstromunterdrückung in Transformatoren	61
3.7.2	Manteltransformator	62
3.7.3	Kerntransformator	62
3.7.4	Ringkerntransformator	63
3.7.5	Der Spartransformator	63
3.7.6	Der Trenntransformator	64
3.7.7	Transformator mit Mittelanzapfung	65
3.7.8	Drehstromtransformatoren	65
3.8	Magnetische Abschirmung	66
3.9	Drosselwirkung von Spulen	67
3.10	Übungsaufgaben zu Kapitel 3	70
▶	Aufgabe 3.1	70
▶	Aufgabe 3.2	70
▶	Aufgabe 3.3	71
▶	Aufgabe 3.4	72
▶	Aufgabe 3.5	72
▶	Aufgabe 3.6	73
▶	Aufgabe 3.7	73

4 Elektrische Maschinen	75
4.1 Zählpeilsysteme	75
4.2 Elektromechanische Energiewandler	75
4.2.1 Energiedichte des elektrischen Feldes	75
4.2.2 Energiedichte des magnetischen Feldes	76
4.3 Kraft und Drehmomenterzeugung in einer elektrischen Maschine	76
4.4 Der Linearmotor	78
4.4.1 Linearmotor in Anwendungen	79
4.5 Die Drehfeldmaschine	80
4.5.1 Konstruktionsbegriffe elektrischer Maschinen	80
4.6 Die Asynchronmaschine	83
4.6.1 Ersatzschaltbild der Asynchronmaschine mit Kurzschlussläufer	85
4.6.2 Ortskurve des Ständerstromes der Asynchronmaschine	87
4.6.3 Betriebszustände der Asynchronmaschine	91
4.6.3.1 Der optimale Betriebspunkt der Asynchronmaschine	92
4.6.4 Drehmoment und Leistung der Asynchronmaschine	93
4.6.5 Drehzahlstellung der Asynchronmaschine	99
4.6.5.1 Wechselrichter	102
4.6.5.2 Pulsgesteuerter Wechselrichter	103
4.6.6 Übungsaufgaben zur Asynchronmaschine	106
▶ Aufgabe 4.1	106
▶ Aufgabe 4.2	107
▶ Aufgabe 4.3	108
▶ Aufgabe 4.4	109
▶ Aufgabe 4.5	109
▶ Aufgabe 4.6	109
▶ Aufgabe 4.7	110
▶ Aufgabe 4.8	110
▶ Aufgabe 4.9	111
4.7 Die Synchronmaschine	112
4.7.1 Das Ersatzschaltbild der Synchronmaschine	113
4.7.2 Betriebszustände der Synchronmaschine	114
4.7.3 Leistung und Drehmoment der Synchronmaschine	116
4.7.4 Klauenpolsynchrongenerator (Lichtmaschine)	117
4.8 Die Gleichstrommaschine	118
4.8.1 Generatorbetrieb	118
4.8.2 Motorbetrieb	119
4.9 Einphasen-Kommutatormotor	122
4.10 Leistungsfluss in elektrischen Maschinen	123
4.11 Der Reluktanzmotor	124
4.12 Asynchron-Reluktanzmotor	128
4.13 Transversalfeldmotor	129
4.14 Bürstenloser Gleichstrommotor	131
4.14.1 Aufbau des BLDC-Motors	131
4.14.2 Statorströme des BLDC-Motors	132
4.14.3 Regelung des BLDC-Motors mit Hallsensoren	134
4.14.4 Sensorlose Regelung des BLDC-Motors	139

4.15 Übungsaufgaben zu Synchron- und Gleichstrommaschine	140
▶ Aufgabe 4.10	140
▶ Aufgabe 4.11	141
▶ Aufgabe 4.12	141
▶ Aufgabe 4.13	142
▶ Aufgabe 4.14	142
▶ Aufgabe 4.15	143
5 Antriebssysteme	145
5.1 Antriebskonzept einer E-Lok	145
5.2 Die Magnetschwebebahn	149
5.2.1 Der Transrapid	149
5.2.2 Die Japanische Magnetschwebebahn „Supraleitender Maglev“	150
5.3 Übungsaufgabe zu Kapitel 5	153
▶ Aufgabe 5.1	153
5.4 Allgemeine Prüfungsfragen	154
6 Anhang	157
6.1 Komplexe Leistung	157
6.2 Ortskurven	158
6.3 Lösungen zu den Übungsaufgaben	163
Lösungen zu 5.4 Allgemeine Prüfungsfragen	185
6.4 Werkstoffdaten	186
Periodensystem der Elemente	188
Literaturverzeichnis	191
Sachwortverzeichnis	193