

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	XI
1 Energie als primäre Antriebsgröße	1
1.1 Die zugeschnittene Größengleichung	2
1.2 Formelsammlung zur Energieumwandlung	5
1.3 Mechanische Energie	8
1.4 Chemische Energie	10
1.4.1 Das Periodensystem	12
1.5 Nukleare Energie	17
1.6 Elektrische und magnetische Feldenergie	18
1.7 Gravitationsenergie	18
1.8 Solarenergie	19
1.9 Übungsaufgaben zu Kap. 1	20
2 Elektrochemische Energiespeicher und -wandler	23
2.1 Akkumulatoren	23
2.1.1 AGM- und Gel-Technologie	24
2.2 Die Brennstoffzelle	26
2.3 Kondensatoren	30
2.3.1 Technische Ausführungen	31
2.4 Lithiumionen-Akkumulator	33
2.5 Aluminium Luft-Batterie	35
2.6 Zink-Luft-Akkumulator	37
2.6.1 Entladung	38
2.6.2 Ladung	38
2.7 Übungsaufgaben	39
3 Transformatoren	43
3.1 Magnetfeldgleichungen	43
3.1.1 Das Durchflutungsgesetz	43
3.1.2 Die magnetische Flussdichte <i>B</i>	44

3.1.3	Der magnetische Fluss ϕ	45
3.1.4	Der magnetische Widerstand R_m	45
3.1.5	Das „Ohmsche Gesetz“ für Magnetkreise	45
3.1.6	Fremdinduktion	45
3.1.7	Selbstinduktion	46
3.2	Gekoppelte Spulen	49
3.2.1	Idealer Übertrager	50
3.2.2	Transformator mit Streufluss	50
3.3	Spannungsgleichungen des Transformators	51
3.4	Ersatzschaltbilder für Transformatoren	53
3.4.1	Ersatzschaltbild des idealen Transformators	53
3.4.2	Ersatzschaltbild des realen Transformators	53
3.4.3	Zeigerbild des Transformators	55
3.5	Verluste eines Transformators	56
3.5.1	Verluste im Leerlauf	57
3.5.2	Ströme und Verluste im Kurzschluss	58
3.6	Dreiphasenspannungssysteme	58
3.6.1	Einphasen-Spannungsversorgung mit Schutzkontakt	58
3.6.2	Dreiphasen-Spannungsversorgung	59
3.6.3	Leistung im Dreiphasensystem	63
3.7	Technische Ausführungen von Transformatoren	66
3.7.1	Wirbelstromunterdrückung in Transformatoren	66
3.7.2	Kerntransformator	67
3.7.3	Manteltransformator	67
3.7.4	Ringkerntransformator	67
3.7.5	Der Spartransformator	67
3.7.6	Der Trenntransformator	69
3.7.7	Transformator mit Mittelanzapfung	69
3.7.8	Drehstromtransformatoren	70
3.8	Magnetische Abschirmung	71
3.9	Drosselwirkung von Spulen	72
3.10	Übungsaufgaben zu Kap. 3	74
4	Elektrische Maschinen	79
4.1	Zählpeilsysteme	79
4.2	Elektromechanische Energiewandler	79
4.2.1	Energiedichte des elektrischen Feldes	80
4.2.2	Energiedichte des magnetischen Feldes	80
4.3	Kraft und Drehmomenterzeugung in einer elektrischen Maschine	81
4.4	Der Linearmotor	82
4.4.1	Linearmotor in Anwendungen	83
4.5	Die Drehfeldmaschine	85

4.5.1	Konstruktionsbegriffe elektrischer Maschinen	85
4.6	Die Asynchronmaschine	89
4.6.1	Ersatzschaltbild der Asynchronmaschine mit Kurzschlussläufer	90
4.6.2	Ortskurve des Ständerstromes der Asynchronmaschine	92
4.6.3	Betriebszustände der Asynchronmaschine	96
4.6.4	Drehmoment und Leistung der Asynchronmaschine	97
4.6.5	Drehzahlstellung der Asynchronmaschine	103
4.6.6	Übungsaufgaben zur Asynchronmaschine	109
4.7	Die Synchronmaschine	114
4.7.1	Das Ersatzschaltbild der Synchronmaschine	115
4.7.2	Betriebszustände der Synchronmaschine	117
4.7.3	Leistung und Drehmoment der Synchronmaschine	118
4.7.4	Klauenpolsynchrongenerator (Lichtmaschine)	119
4.8	Die Gleichstrommaschine	120
4.8.1	Generatorbetrieb	120
4.8.2	Motorbetrieb	121
4.9	Einphasen-Kommutatormotor	123
4.10	Leistungsfluss in elektrischen Maschinen	124
4.11	Der Reluktanzmotor	125
4.12	Asynchron-Reluktanzmotor	130
4.13	Transversalflussmotor	131
4.14	Bürstenloser Gleichstrommotor	132
4.14.1	Aufbau des BLDC-Motors	132
4.14.2	Statorströme des BLDC-Motors	133
4.14.3	Regelung des BLDC-Motors mit Hallsensoren	135
4.14.4	Sensorlose Regelung des BLDC-Motors	139
4.15	Schrittmotoren	140
4.15.1	Der permanenterregte Schrittmotor	141
4.15.2	Das Mikroschrittverfahren	141
4.15.3	Reluktanzschrittmotoren	145
4.15.4	Hybridschrittmotoren	147
4.16	Übungsaufgaben zu Synchron- und Gleichstrommaschine	148
5	Antriebssysteme	153
5.1	Antriebskonzept einer E-Lok	153
5.2	Die Magnetschwebbahn	157
5.2.1	Der Transrapid	157
5.2.2	Die Japanische Magnetschwebbahn „Supraleitender Maglev“	159
5.3	Elektromechanisches KERS – Kinetic Energy Restoring System	161
5.4	Übungsaufgabe zu Kap. 5	163
5.5	Allgemeine Prüfungsfragen	165

6	Anhang	169
6.1	Komplexe Leistung	169
6.2	Ortskurven	170
6.3	Lösungen zu den Übungsaufgaben	174
6.4	Lösungen zu Abschn. 5.4 Allgemeine Prüfungsfragen	193
6.5	Werkstoffdaten	195
	Periodensystem	197
	Literatur	201
	Sachverzeichnis	203