

Inhaltsverzeichnis

1 Energie als primäre Antriebsgröße	1
1.1 Die zugeschnittene Größengleichung	2
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	18
1.7 Gravitationsenergie	18
1.8 Solarenergie	19
1.9 Übungsaufgaben zu Kap. 1	19
2 Elektrochemische Energiespeicher und -wandler	23
2.1 Akkumulatoren	23
2.1.1 AGM- und Gel-Technologie	25
2.2 Die Brennstoffzelle	27
2.3 Kondensatoren	30
2.3.1 Technische Ausführungen	31
2.4 Lithiumionen-Akkumulator	34
2.5 Aluminium Luft-Batterie	35
2.6 Zink-Luft-Akkumulator	38
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 B	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	50
3.4	Ersatzschaltbilder für Transformatoren	52
3.4.1	Ersatzschaltbild des idealen Transformators	52
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	56
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
3.6.2.1	Symmetrische Last	62
3.6.3	Leistung im Dreiphasensystem	63
3.6.3.1	Symmetrische Last in Sternschaltung	63
3.6.3.2	Symmetrische Last in Dreieckschaltung	63
3.6.3.3	Leistung bei unsymmetrischer Last	64
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	Analoge Elektrische Maschinen	79
4.1	Zählpfeilsysteme	79
4.2	Elektromechanische Energiewandler	79
4.2.1	Energiedichte des elektrischen Feldes	79
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	84
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
4.6.3.1	Der optimale Betriebspunkt der Asynchronmaschine	97
4.6.4	Drehmoment und Leistung der Asynchronmaschine	98
4.6.5	Drehzahlstellung der Asynchronmaschine	103
4.6.5.1	Wechselrichter	106
4.6.5.2	Pulsgesteuerter Wechselrichter	106
4.6.6	Übungsaufgaben zur Asynchronmaschine	107
4.7	Die Synchronmaschine	114
4.7.1	Das Ersatzschaltbild der Synchronmaschine	115
4.7.2	Betriebszustände der Synchronmaschine	116
4.7.3	Leistung und Drehmoment der Synchronmaschine	118
4.7.4	Klauenpolsynchrongenerator (Lichtmaschine)	119
4.8	Die Gleichstrommaschine	119
4.8.1	Generatorbetrieb	119
4.8.2	Motorbetrieb	120
4.9	Einphasen-Kommutatormotor	123
4.10	Leistungsfluss in elektrischen Maschinen	124
5	Digitale Elektrische Maschinen	127
5.1	Der Reluktanzmotor	127
5.2	Asynchron-Reluktanzmotor	131
5.3	Transversalflussmotor	132
5.4	Bürstenloser Gleichstrommotor	133
5.4.1	Aufbau des BLDC-Motors	133
5.4.2	Statorströme des BLDC-Motors	134
5.4.3	Regelung des BLDC-Motors mit Hallsensoren	137
5.4.4	Sensorlose Regelung des BLDC-Motors	141
5.5	Schrittmotoren	142
5.5.1	Der permanenterregte Schrittmotor	142
5.5.2	Das Mikroschrittverfahren	144
5.5.3	Reluktanzschrittmotoren	148
5.5.4	Hybridschrittmotoren	149

5.6	Servomotoren	149
5.7	Übungsaufgaben zu Synchron- und Gleichstrommaschine	152
6	Antriebssysteme	155
6.1	Antriebskonzept einer E-Lok	155
6.2	Die Magnetschwebbahn	159
6.2.1	Der Transrapid	159
6.2.2	Die Japanische Magnetschwebbahn „Supraleitender Maglev“	159
6.3	Elektromechanisches KERS – Kinetic Energy Restoring System	163
6.4	Übungsaufgabe zu Kap. 6	165
6.5	Allgemeine Prüfungsfragen	167
7	Anhang	171
7.1	Komplexe Leistung	171
7.2	Ortskurven	172
7.3	Lösungen zu den Übungsaufgaben	175
7.4	Lösungen zu Abschn. 6.5 Allgemeine Prüfungsfragen	193
7.5	Werkstoffdaten	194
	Periodensystem	197
	Literatur	201
	Stichwortverzeichnis	203