

Inhaltsverzeichnis

Teil A: Grundlagen der Elektrotechnik	1
1 Das elektrische Feld	1
1.1 Feldbegriff. Darstellung von Feldern	1
1.2 Das stationäre elektrische Strömungsfeld	2
1.2.1 Ladung. Strom. Stromdichte	2
1.2.2 Potenzial. Spannung. Feldstärke	7
1.2.3 Elektrischer Widerstand. Ohmsches Gesetz	12
1.2.4 Der elektrische Stromkreis	14
1.2.5 Die Gesetze von Kirchhoff	16
1.3 Das elektrostatische Feld	18
1.3.1 Entwicklung aus dem Strömungsfeld	18
1.3.2 Kenngrößen des elektrostatischen Feldes	20
1.3.3 Kapazität. Kondensatoren	21
1.3.4 Kondensatorstrom	22
1.3.5 Energie und Kräfte im elektrostatischen Feld	23
1.4 Übungsaufgaben	25
2 Das magnetische Feld	27
2.1 Magnetische Erscheinungen	27
2.2 Magnetische Kenngrößen	29
2.2.1 Magnetischer Fluss und magnetische Flussdichte	29
2.2.2 Durchflutung. Magnetische Spannung. Magnetischer Widerstand	30
2.2.3 Die magnetische Feldstärke	32
2.3 Das Durchflutungsgesetz	33
2.4 Materie im Magnetfeld	36
2.4.1 Die Permeabilität. Einteilung der Stoffe	36
2.4.2 Hystereseschleife und Magnetisierungskurve	37
2.5 Das Induktionsgesetz	41
2.5.1 Grundlagen. Der Versuch von Faraday	41
2.5.2 Anwendungen des Induktionsgesetzes	47
2.6 Selbst- und Gegeninduktion	49
2.6.1 Selbstinduktion	49
2.6.2 Gegeninduktion	52
2.7 Energie und Kräfte im magnetischen Feld	54
2.7.1 Energieinhalt des Magnetfeldes	54
2.7.2 Kraftwirkungen im magnetischen Feld	54
2.7.2.1 Kräfte an Grenzflächen	54
2.7.2.2 Kräfte auf stromdurchflossene Leiter	55
2.8 Übungsaufgaben	57
3 Die passiven Bauelemente der Elektrotechnik	61

4	Berechnung von Stromkreisen bei Gleichstrom	62
4.1	Der unverzweigte Gleichstromkreis	62
4.1.1	Der elektrische Widerstand	62
4.1.2	Lineare und nichtlineare Widerstände	63
4.1.3	Energie und Leistung im Gleichstromkreis	64
4.1.4	Der Grundstromkreis	65
4.1.5	Leistungsumsatz im Stromkreis	69
4.2	Der verzweigte Gleichstromkreis	71
4.2.1	Vereinfachung von Widerstandsnetzwerken	71
4.2.2	Teilerregeln	75
4.2.2.1	Die Stromteilerregel	75
4.2.2.2	Die Spannungsteilerregel	76
4.2.3	Berechnung verzweigter Stromkreise mittels der Gesetze von Kirchhoff	78
4.2.4	Spannungsquellen und Stromquellen. Zweipoltheorie	81
4.3	Übungsaufgaben	82
5	Berechnung von Stromkreisen bei Wechselstrom	85
5.1	Erzeugung von Wechselstrom. Bestimmungsgrößen	85
5.2	Kenngrößen	86
5.2.1	Zeitliche Mittelwerte	86
5.2.2	Zählpfeile	89
5.3	Darstellung sinusförmiger elektrischer Größen im Zeigerdiagramm	90
5.4	Spannungs- und Stromzeiger bei den Grundschaltelementen	91
5.5	Zeigerdiagramme bei gemischten Wechselstromschaltungen	92
5.5.1	Reihenschaltung von Kondensator und Widerstand	92
5.5.2	Parallelschaltung von Spule und Widerstand	94
5.5.3	Gemischte Schaltung	94
5.6	Die komplexe Darstellung von Zeigern	95
5.7	Komplexe Zeiger der Grundschaltelemente	97
5.8	Komplexer Widerstand und komplexer Leitwert	100
5.8.1	Komplexer Widerstand	100
5.8.2	Komplexer Leitwert	104
5.9	Wirk- und Blindkomponenten von Spannung und Strom	105
5.10	Wechselstromleistung	106
5.11	Drehstrom (Dreiphasenwechselstrom)	111
5.11.1	Erzeugung von Drehstrom	111
5.11.2	Die Verkettung des Drehstromsystems	113
5.11.3	Spannungen und Ströme im symmetrischen Drehstromsystem	115
5.11.4	Drehstromleistung	118
5.12	Übungsaufgaben	119
6	Ausgleichsvorgänge in Stromkreisen	124
6.1	Die Schaltgesetze	124
6.2	Aufladung eines Kondensators	125
6.3	Kurzschluss einer stromdurchflossenen Spule	128
6.4	Entladung eines Kondensators in einem Reihenschwingkreis	130
6.5	Schlussbemerkungen	133
6.6	Übungsaufgaben	133

Teil B: Anwendungen der Elektrotechnik	135
7 Elektronik	135
7.1 Einleitende Bemerkungen	135
7.2 Physikalische Grundlagen	136
7.2.1 Eigenleitung	136
7.2.2 Störstellenleitung	138
7.2.3 Eigen- und Störstellenleitung im Bändermodell	139
7.2.4 Der <i>pn</i> -Übergang	142
7.3 Elektronische Bauelemente	144
7.3.1 Halbleiterwiderstände	144
7.3.2 Halbleiterdioden	145
7.3.2.1 Aufbau, Kennlinien, Typen	145
7.3.2.2 Diode als Gleichrichter	148
7.3.3 Transistoren	150
7.3.3.1 Bipolartransistoren	151
7.3.3.2 Feldeffekttransistoren	155
7.3.3.3 Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBTs)	158
7.3.3.4 Betriebsarten von Transistoren	159
7.3.3.5 Transistoren als Verstärker	161
7.3.3.6 Transistoren als Schalter	164
7.3.4 Thyristoren	165
7.3.4.1 Aufbau und Wirkungsweise, Typen	165
7.3.4.2 Thyristoren als gesteuerte Gleichrichter	168
7.3.5 Optoelektronische Bauelemente	171
7.3.5.1 Lichtempfangende Bauelemente	171
7.3.5.2 Lichtaussendende Bauelemente	173
7.3.5.3 Andere optoelektronische Bauelemente	174
7.4 Leistungselektronik	175
7.4.1 Einführung, Arten und Wirkungsweise von Stromrichtern	175
7.4.2 Gleichrichter	178
7.4.2.1 Gleichrichter mit Dioden (Ungesteuerte Gleichrichter)	178
7.4.2.1.1 Einphasengleichrichter	178
7.4.2.1.2 Dreiphasengleichrichter	180
7.4.2.2 Gleichrichter mit Thyristoren (Gesteuerte Gleichrichter)	180
7.4.2.2.1 Gesteuerte Einphasengleichrichter	180
7.4.2.2.2 Gesteuerte Dreiphasengleichrichter (B6C, B6H)	184
7.4.2.2.3 Zusammenfassung gesteuerte Gleichrichter	184
7.4.2.2.4 Umkehrstromrichter	186
7.4.3 Wechselrichter	188
7.4.4 Gleichstromumrichter	189
7.4.5 Wechselstromumrichter, Frequenzumrichter	190
7.5 Informationselektronik	193
7.5.1 Einführung	193
7.5.2 Analoge und digitale Größen und Signale	194
7.5.3 Analogschaltungen	197
7.5.3.1 Wechselspannungsverstärker	197
7.5.3.2 Operationsverstärker	198

7.5.3.3	Schwingungserzeuger	200
7.5.4	Digitalschaltungen	201
7.5.4.1	Kombinatorische Schaltungen	201
7.5.4.1.1	Logische Verknüpfungen	201
7.5.4.1.2	Gatter	203
7.5.4.2	Sequenzielle Schaltungen	205
7.5.4.2.1	Kippschaltungen	205
7.5.4.2.2	Flipflops	206
7.6	Mikroelektronik	210
7.6.1	Schaltungsintegration	210
7.6.2	Schaltkreisfamilien	212
7.6.3	Mikroprozessoren und Mikrorechner	213
7.6.3.1	Komponenten des Mikrorechnersystems	213
7.6.3.2	Mikrorechner als Prozessrechner	222
7.6.3.3	Weitere Ergebnisse der Mikrorechentechnik	226
7.7	Übungsaufgaben	228
8	Elektrische Maschinen und Antriebe	232
8.1	Einleitung	232
8.2	Die Gleichstrommaschine	233
8.2.1	Aufbau und Funktionsprinzip	233
8.2.2	Erregung der Gleichstrommaschine	235
8.2.3	Der Gleichstromnebenschlussmotor	236
8.2.3.1	Ersatzschaltbild und Kennlinien	236
8.2.3.2	Drehzahlstellung	239
8.2.3.3	Anlassen und Bremsen	240
8.2.4	Der Gleichstromreihenschlussmotor	243
8.2.5	Spezielle Typen	244
8.3	Der Transformator	244
8.3.1	Grundsätzlicher Aufbau und Funktionsprinzip	244
8.3.2	Der ideale Transformator	245
8.3.2.1	Definition und Ersatzschaltbild	245
8.3.2.2	Induzierte Spannung und Klemmenspannung	246
8.3.2.3	Zeigerdiagramme und Wirkungsweise	247
8.3.2.4	Widerstandstransformation	250
8.3.3	Der technische Transformator	251
8.3.3.1	Ersatzschaltbild	251
8.3.3.2	Spezielle Betriebsfälle	253
8.3.3.3	Betriebsverhalten	256
8.3.4	Drehstromtransformatoren	259
8.3.5	Spezielle Transformatortypen	261
8.4	Rotierende Drehstrommaschinen	262
8.4.1	Das Drehfeld	262
8.4.2	Arten von Drehfeldmaschinen	264
8.4.3	Der Drehstromasynchronmotor	266
8.4.3.1	Aufbau	266
8.4.3.2	Ersatzschaltbild	268
8.4.3.3	Drehzahl-Drehmomenten-Kennlinie	269

8.4.3.4	Drehzahlstellung	271
8.4.3.5	Anlassen von Asynchronmotoren	273
8.4.3.6	Spezielle Typen von Asynchronmotoren	274
8.4.4	Die Synchronmaschine	275
8.4.4.1	Ersatzschaltbild	275
8.4.4.2	Betrieb am starren Drehstromnetz	276
8.4.4.3	Inselbetrieb des Synchrongenerators	281
8.4.4.4	Spezielle Typen von Synchronmotoren	282
8.5	Elektrische Antriebstechnik	283
8.5.1	Mechanische Struktur elektrischer Antriebe	283
8.5.2	Grundgesetze elektrischer Antriebe	284
8.5.2.1	Die Bewegungsgleichung	284
8.5.2.2	Stabilität stationärer Arbeitspunkte	287
8.5.2.3	Wellenlast bei Übertragungsgliedern	287
8.5.3	Betriebsarten elektrischer Maschinen	289
8.5.3.1	Motorwicklungserwärmung	289
8.5.3.2	Nennbetriebsarten	290
8.5.3.3	Motorauswahl	291
8.5.4	Ein- und Mehrquadrantenantriebe	293
8.5.5	Regelung elektrischer Antriebe	295
8.5.6	Ergänzende Bemerkungen	297
8.6	Übungsaufgaben	298
9	Elektrische Energieversorgung	301
9.1	Einleitung	301
9.2	Überblick zu Kraftwerken	302
9.3	Elektrotechnische Komponenten eines Kraftwerkes	308
9.4	Übertragungssysteme für elektrische Energie	312
9.5	Drehstromnetze	313
9.5.1	Spannungsebenen	313
9.5.2	Drehstromleitungen	315
9.5.2.1	Die Leitungsgleichungen	315
9.5.2.2	Übertragung auf Hoch- und Höchstspannungsleitungen (Fernübertragung)	316
9.5.2.3	Übertragung auf Mittel- und Niederspannungsleitungen	320
9.5.2.4	Praktische Ausführung von Drehstromleitungen	323
9.5.3	Netzgestaltung	327
9.5.3.1	Sternpunktbehandlung in Drehstromnetzen	327
9.5.3.2	Netzstrukturen	330
9.6	Schaltanlagen	331
9.6.1	Arten von Schaltanlagen	331
9.6.2	Schaltgeräte der elektrischen Energietechnik	331
9.6.2.1	Schalten von Wechselstrom	331
9.6.2.2	Niederspannungsschaltgeräte	333
9.6.2.3	Schaltgeräte für Spannungen > 1000 V	335
9.6.2.4	Hochleistungssicherungen	336
9.6.3	Praktische Ausführung von Schaltanlagen	337
9.7	Personenschutz in Niederspannungsnetzen	338

9.7.1 Gefährdung des Menschen	338
9.7.2 Schutzmaßnahmen	340
9.8 Übungsaufgaben	342
10 Elektrische Messtechnik	344
10.1 Einleitung	344
10.2 Grundlegende Begriffe der elektrischen Messtechnik	344
10.3 Elektrische Messwerke	347
10.3.1 Drehspulmesswerk	347
10.3.2 Dreheisenmesswerk	348
10.3.3 Elektrodynamisches Messwerk	349
10.3.4 Induktionsmesswerk	349
10.4 Messgeräte	350
10.4.1 Vielfachmesser	350
10.4.2 Elektronenstrahloszilloskope	352
10.4.3 Registriergeräte	355
10.4.4 Zählmessgeräte	357
10.5 Messverfahren für elektrische Größen	359
10.5.1 Messung von Strom und Spannung	359
10.5.2 Messung von Widerständen und Impedanzen	360
10.5.3 Messung der elektrischen Leistung	361
10.5.4 Zeit- und Frequenzmessung	363
10.6 Elektrische Messung nichtelektrischer Größen	364
10.6.1 Allgemeines	364
10.6.2 Messung von Wegen und Winkeln	364
10.6.3 Messung von Kräften und Momenten	366
10.6.4 Drehzahlmessung	367
10.6.5 Temperaturmessung	368
10.7 Messtechnik mit dem PC	369
10.7.1 Einleitende Bemerkungen	369
10.7.2 Geräte mit integrierter digitaler Schnittstelle	371
10.7.3 Messkarten	374
10.8 Störbeeinflussung von Messkreisen	378
10.9 Übungsaufgaben	380
Lösungen der Übungsaufgaben	383
Literatur	398
Sachwortverzeichnis	401