

# Inhaltsverzeichnis

<b>A Grundlagen der Elektrotechnik</b> .....	1
A.1 Physikalische Grundgesetze und Definitionen .....	1
A.1.1 Ladung .....	1
A.1.2 Spannung .....	2
A.1.3 Strom .....	3
A.1.4 Ohm'sches Gesetz .....	4
A.1.5 Widerstand .....	5
A.1.6 Arbeit und Leistung .....	6
A.1.7 Kirchhoff'sche Regeln .....	7
A.2 Gleichstromkreise mit linearen Komponenten .....	10
A.2.1 Zweipolquellen .....	10
A.2.2 Reihenschaltung von Widerständen .....	14
A.2.3 Parallelschaltung von Widerständen .....	15
A.2.4 Gemischte Schaltungen .....	16
A.2.5 Messung elektrischer Größen .....	23
A.3 Elektrisches Feld .....	28
A.3.1 Feldbegriff .....	28
A.3.2 Kondensator .....	29
A.3.3 Laden und Entladen von Kondensatoren .....	32
A.3.4 Energieinhalt des elektrischen Feldes .....	32
A.4 Magnetisches Feld .....	35
A.4.1 Feldbegriff .....	35
A.4.2 Kraftwirkungen im Magnetfeld .....	39
A.4.3 Materie im Magnetfeld .....	42
A.4.4 Magnetischer Kreis .....	46
A.4.5 Elektromagnetische Induktion .....	54
A.4.6 Selbstinduktion .....	58
A.4.7 Gegeninduktion .....	60
A.4.8 Ein- und Ausschalten von Stromkreisen mit Induktivitäten .....	62
A.4.9 Energieinhalt des magnetischen Feldes .....	63

A.5	Wechselstromkreise .....	66
A.5.1	Benennungen und Definitionen .....	66
A.5.2	Sinusförmige Ströme und Spannungen .....	69
A.5.3	Zeigerdiagramm .....	72
A.5.4	Widerstand, Spule und Kondensator bei sinusförmigem Wechselstrom .....	78
A.5.5	Wechselstromschaltungen von Widerstand, Spule und Kondensator .....	80
A.5.6	Blindstromkompensation .....	90
A.5.7	Schwingkreise .....	92
A.5.8	Ortskurven .....	99
A.5.9	Transformator .....	101
A.6	Drehstrom .....	115
A.6.1	Entstehung der Dreiphasenwechselspannung .....	115
A.6.2	Sternschaltung .....	117
A.6.3	Dreieckschaltung .....	121
<b>B</b>	<b>Halbleitertechnik</b> .....	127
B.1	Bauelemente .....	127
B.1.1	Leitungsmechanismen .....	127
B.1.2	Dioden .....	136
B.1.3	Transistoren .....	145
B.1.4	Feldeffekttransistoren (FET) .....	154
B.1.5	Thyristoren und Triacs .....	168
B.1.6	Optoelektronik .....	171
B.2	Analoge integrierte Schaltungen .....	193
B.2.1	Operationsverstärker .....	193
B.2.2	Weitere analoge integrierte Schaltungen .....	197
B.2.3	DA- und AD-Wandler .....	200
B.3	Digitale integrierte Schaltungen .....	211
B.3.1	Logische Verknüpfungen und Schaltzeichen .....	212
B.3.2	Logikfamilien .....	216
<b>C</b>	<b>Leistungselektronik</b> .....	223
C.1	Bauelemente der Leistungselektronik .....	223
C.1.1	Passive Bauelemente .....	224
C.1.2	Aktive Bauelemente .....	245
C.2	Leistungselektronik in der Praxis .....	257
C.2.1	Anwendung passiver Bauelemente .....	257
C.2.2	Aktorsteuerung .....	260
C.2.3	Brückenschaltungen .....	267
C.2.4	Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV) .....	274
C.2.5	Spannungswandler .....	280

<b>D Elektrische Maschinen</b> .....	293
D.1 Wirkungsprinzipien elektromechanischer Energiewandler .....	293
D.1.1 Elektrodynamisches Prinzip .....	293
D.1.2 Kräfte auf Grenzflächen .....	295
D.1.3 Prinzipieller Aufbau rotierender elektrischer Maschinen ....	296
D.2 Leistungsbilanz .....	299
D.3 Ausführungsvarianten .....	300
D.4 Ausnutzung und Baugröße .....	301
D.5 Gleichstrommotor .....	307
D.5.1 Prinzipieller Aufbau .....	307
D.5.2 Aufbau des Ankers .....	308
D.5.3 Kommutierung .....	311
D.5.4 Induzierte Spannung und Drehmoment .....	313
D.5.5 Betriebsverhalten .....	316
D.5.6 Reihenschlussmaschine/Universalmotor .....	319
D.5.7 Drehzahlverstellung des Universalmotors .....	322
D.5.8 Typische Daten von Gleichstrommaschinen .....	323
D.6 Synchronmotor .....	326
D.6.1 Synchronmotor als elektronisch kommutierter Gleichstrommotor .....	327
D.6.2 Wechselfelder und Drehfelder .....	332
D.6.3 Drehfeldwicklungen .....	335
D.6.4 Ersatzschaltbild und Zeigerdiagramm .....	338
D.6.5 Drehmoment der Vollpolmaschine .....	341
D.6.6 Permanent erregter Synchronservomotor .....	342
D.6.7 Synchronmotoren mit Zahnspulenwicklung .....	346
D.6.8 Reluktanzmotor .....	347
D.6.9 Schrittmotoren .....	350
D.6.10 Klauenpolgenerator („Lichtmaschine“) .....	351
D.7 Asynchronmotor .....	353
D.7.1 Bedeutung der Asynchronmaschine .....	353
D.7.2 Aufbau und Ersatzschaltbild .....	354
D.7.3 Stromortskurve der Asynchronmaschine .....	359
D.7.4 Drehmoment und Kloss'sche Formel .....	362
D.7.5 Drehzahlverstellung der Asynchronmaschine .....	364
D.7.6 Einphasen-Asynchronmotor .....	368
<b>E Antriebstechnik</b> .....	373
E.1 Prozessbeeinflussung durch elektrische Antriebe .....	373
E.2 System „Arbeitsmaschine – Antriebsmaschine“ .....	374
E.3 Betriebsarten .....	375
E.4 Bauformen, Schutzarten, Kühlung, Isolation .....	377
E.4.1 Bauformen .....	377
E.4.2 Schutzarten .....	378
E.4.3 Wärmeklassen und Kühlung .....	379

E.5	Wirkungsgradklassen .....	382
E.6	Optimale Getriebeübersetzung .....	383
E.6.1	Optimale Getriebeübersetzung ohne Drehzahl-Begrenzung .....	384
E.6.2	Optimale Getriebeübersetzung mit begrenzter Lastdrehzahl .....	386
E.6.3	Optimale Getriebeübersetzung mit begrenzter Motordrehzahl .....	388
E.7	Servoantriebe .....	388
E.7.1	Struktur und Komponenten eines Servoantriebs .....	390
E.7.2	Anforderungen .....	391
E.7.3	Sensoren .....	392
E.8	Aktorsysteme für Massenströme (Stellantriebe) .....	395
E.9	Generatorkonzepte für Windkraftanlagen .....	401
E.9.1	Grundlagen .....	401
E.9.2	Polumschaltbare Asynchrongeneratoren .....	403
E.9.3	Doppelt-gespeister Asynchrongenerator .....	403
E.9.4	Synchrongenerator .....	407
<b>F</b>	<b>Elektrische Energieversorgung .....</b>	<b>409</b>
F.1	Energieerzeugung .....	410
F.1.1	Primärenergie .....	410
F.1.2	Belastungskurven .....	411
F.1.3	Kraftwerke .....	413
F.2	Energieübertragung .....	421
F.2.1	Übertragungssysteme .....	421
F.2.2	Drehstromnetze .....	423
F.2.3	Netzstrukturen .....	424
F.2.4	Verbundbetrieb .....	424
F.3	Schutzmaßnahmen .....	425
F.4	Niederspannungsschaltanlagen .....	429
<b>G</b>	<b>Sensoren und Aktoren .....</b>	<b>433</b>
G.1	Sensoren .....	433
G.1.1	Grundlagen .....	433
G.1.2	Weg- und Positions-Sensoren .....	435
G.2	Aktoren .....	460
G.2.1	Hydraulische Aktoren .....	461
G.2.2	Pneumatische Aktoren .....	463
G.2.3	Piezo-Steller .....	464
G.3	Anschlusstechnik .....	467
G.3.1	Aktorstecker .....	467
G.3.2	Sensorstecker .....	468
G.3.3	Standardisierung der Steckerbelegung und die Vorteile .....	469

<b>H</b>	<b>Feldbusse</b>	471
H.1	Grundlagen zu Feldbussen	474
H.1.1	Topologie von Feldbussen	474
H.1.2	Allgemeine Anforderungen an Feldbussysteme	475
H.2	Standard-Feldbusse	476
H.2.1	Profibus	478
H.2.2	CAN-Bus/DeviceNet	482
H.2.3	AS-Interface	488
H.2.4	Interbus-S	490
H.2.5	CC-Link	493
H.3	Ethernet basierende Feldbusse	494
H.3.1	Grundlegendes zur Ethernet-Kommunikation	496
H.3.2	TCP/IP	503
H.3.3	ProfiNet	504
H.3.4	Ethernet/IP	506
H.4	IO-Link	509
<b>I</b>	<b>Elektrische Messtechnik</b>	515
I.1	Grundlagen	515
I.1.1	Definitionen und Begriffe	515
I.1.2	Einteilung elektrischer Messgeräte	518
I.1.3	Übersicht über die Darstellung der Messwerte	519
I.1.4	Messfehler, Genauigkeit und Empfindlichkeit	519
I.2	Messung von Spannung und Strom	526
I.2.1	Gleichstromkreis	526
I.2.2	Wechselstromkreis	528
I.2.3	Zeitlich veränderliche Spannungen	531
I.3	Messung von Widerständen	533
I.3.1	Messung Ohm'scher Widerstände im Gleichstromkreis	533
I.3.2	Messung von Blind- und Scheinwiderständen im Wechselstromkreis	535
I.4	Arbeitsmessung	537
I.5	Leistungsmessung	538
I.6	Zeit- und Frequenzmessung	538
I.6.1	Elektronischer Zähler	538
I.6.2	Zeit- und Frequenzmessung	540
	<b>Lösungen der Übungsaufgaben</b>	543
	<b>Sachverzeichnis</b>	561