

1	Das Projekt	17
2	Sichere Energieversorgung	43
2.1	TN-System	43
	Belastung des N-Leiters	47
	Oberschwingungen	47
	Messung der Oberschwingungen	49
2.2	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	49
	RCD-Typen	49
	Bezeichnungen	51
	RCD und Leistungselektronik	52
2.3	TT-System	53
2.4	IT-System	54
2.5	Schaltanlagen	55
	Trennschalter	55
	Erdungsschalter	55
	Lasttrennschalter	55
	Sicherungslasttrennschalter	56
	Leistungsschalter	56
	HH-Sicherungen	56
	Selektivität	57
2.6	Erdungsanlagen	61
2.7	Blindleistungskompensation	63
	Blindleistungsregler	64
	Kompensationsarten	65
	Verdrosselte Kondensatoren	66
2.8	Überspannungsschutz	67
	Innerer Blitzschutz	70
2.9	Erneuerbare Energiequellen	74

2.10	Elektromagnetische Verträglichkeit	81
	Elektromagnetische Störung	81
	Galvanische Kopplung	81
	Kapazitive Kopplung	82
	Induktive Kopplung	83
	Strahlungskopplung	83
	Leitungsschirmung	84
	Filter	85
	Schaltschrank	88
2.11	Schutzmaßnahmenprüfung	90
	Erstprüfung DIN VDE 0100-600	90
	Besichtigung	91
	Erproben und Messen	91
	Niederohmmessung	91
	Isolationswiderstandsmessung	91
	Schleifenimpedanzmessung	93
	Erdungswiderstandsmessung	94
	Netzzinnenwiderstandsmessung	96
	Prüfung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	97
	Dokumentation, Prüfbericht	99
2.12	Wiederkehrende Prüfungen	99
2.13	Prüfung elektrischer Geräte	102
	Besichtigung	103
	Messung	104
	Schutzleiterwiderstand	104
	Isolationswiderstandsmessung	105
	Schutzleiterstrommessung	105
	Berührungsstrommessung	106
	Ersatz-Ableitstrommessung	107
	Funktionsprüfung	108
	Bewertung und Dokumentation	108
3	Baugruppen	109
3.1	Feldeffekttransistoren	109
3.2	Operationsverstärker	112

3.3	Thyristoren	118
	Einrichtungs-Thyristordiode (Vierschichtdiode)	118
	Zweirichtungs-Thyristordiode (Diac)	119
	Zweirichtungsdiode	119
	Einrichtungs-Thyristortriode	120
	Zweirichtungsthyristor	122
	Phasenanschnittsteuerung	123
	Antiparallelschaltung von Thyristoren	125
	Nullspannungsschalter	126
	Elektronisches Lastrelais	127
	Schwingungspaketsteuerung	128
3.4	Stromrichter	129
	Gesteuerte Stromrichter	130
	Gesteuerte Einpuls-Mittelpunktschaltung	130
	Gesteuerte Zweipuls-Brückenschaltung	131
	Gesteuerte Dreipuls-Mittelpunktschaltung	132
	Drehstrom-Brückenschaltung	136
	Halbgesteuerte Stromrichter	138
	Ungesteuerte Stromrichter	141
4	Elektrische Maschinen und Antriebe	143
4.1	Transformator	143
	Unbelasteter Transformator	143
	Belasteter Transformator	144
	Kurzschlussspannung	145
	Kurzschlussstrom	146
	Einschaltstrom	146
	Wirkungsgrad	146
	Drehstromtransformator	148
	Schaltgruppen	151
	Parallelschaltung	152
	Leistungsschild	153
	Kühlung	153
	Spartransformator	153
	Messwandler	154
4.2	Elektromotoren	156
	Magnetisches Drehfeld	156
	Drehfelddrehzahl	157
	Kurzschlussläufermotor	158

	Gleichstrommotoren	165
	Schaltung von Gleichstrommotoren	169
	Drehzahlsteuerung von Gleichstrommotoren	171
	Synchronmotor	172
	Spaltpolmotor	175
	Universalmotor	175
	Schrittmotor	176
	Servomotor	177
	Servoantrieb	179
	Linearmotor	185
4.3	Elektrische Antriebstechnik	186
	Drehmoment	187
	Bremsen von Drehstrommotoren	188
	Anlassen von Elektromotoren	191
	Sanftanlaufgerät	192
	Frequenzumrichter	197
	Frequenzumrichter und Motor	204
	Auswahl des Frequenzumrichters	204
	Parametrierung des Frequenzumrichters	205
5	Anlagen automatisieren	211
5.1	Steuerungstechnik	223
	Aufbau der Hardware	223
	Binäre Verknüpfungssteuerungen	224
	Ablaufsteuerungen	235
	Strukturierte Programmierung	243
	Sprachelemente, Datentypen und Variablen	244
	Instanziierung	247
	Quellorientierte Programmierung	250
	Pneumatikstanze	256
	Programmierung mit anwendererstellten Bausteinen	260
	Wortverarbeitung	262
	Lade- und Transferoperationen	262
	Arithmetische Funktionen	265
	Vergleichsfunktionen	266
	Sprungfunktionen	267
	Projekt Karusselllager	271
	Strukturierter Text	280
	Analogwertverarbeitung	283
5.2	Sensoren	293
	Temperatursensoren	293
	Sensoren für geometrische Messgrößen	295

	Füllstandsmessung	298
	Durchflussmessung	299
	Induktive Näherungssensoren	299
	Abstandssensoren	302
	Magnetfeldsensoren	302
	Kapazitive Näherungssensoren	302
	Ultraschallsensoren	304
	Optoelektronische Sensoren	305
	Dehnungsmessstreifen	306
	Drucksensoren	307
5.3	Regelungstechnik	309
	Regelstrecken	310
	Stetige Regler	316
	Kombinierte stetige Regler	319
	Regelkreis	322
	Unstetige Regler	322
	Digitale Regler	323
5.4	Elektrische Ausrüstung von Maschinen	327
	Netzanschluss	327
	Hauptschalter	328
	Steuerstromkreise	329
	Steuertransformator	329
	Steuerspannung	330
	Not-Befehlseinrichtung	330
	Zusätzliche Stromkreise	331
	Sicherheitsrelais (Not-Halt-Relais)	334
	Sicherheitsbezogene Steuerungen	337
5.5	Bussysteme	341
	Feldbussysteme	342
	Datenübertragung im Bussystem	343
	Netzwerktopologien	344
	Aktor-Sensor-Interface (ASI)	345
	PROFIBUS	348
	PROFIBUS-FMS	348
	PROFIBUS-PA	348
	PROFIBUS-DP	348
	Systemkonfiguration	350
	PROFINET	352
	PROFINET IO	356
	Gerätebeschreibung	356
	Kommunikationsbeziehungen	356
	Adressierung	356
	Netzaufbau	357
	Ethernet	358

6	Instandhaltung und Qualitätsmanagement	361
6.1	Instandhalten und Ändern	361
	Wartung	361
	Inspektion	362
	Instandsetzung	362
	Vorbeugende Instandhaltung	362
	Strategien der Instandhaltung	363
6.2	Qualitätsmanagement	368
	Qualitätsmerkmale	368
	Qualitätssicherungsmaßnahmen	368
	Produktqualität	369
	Prozessregelkarten	371
	Prozessverläufe	373
	Der betriebliche Auftrag	376
	Projektmanagement	377
	Nutzereinweisung	379
	Arbeitssicherheit	379
	Produktsicherheitsgesetz	379
	Gefahrstoffverordnung	380
	Sicherheitszeichen	383
	Persönliche Schutzausrüstung	383
	Systematische Fehlersuche	384
7	Fügeverfahren	387
7.1	Schraubverbindungen	387
	Mindesteinschraubtiefe	387
	Verbindungsarten	387
	Anziehdrehmoment	388
	Vorspannkraft	388
	Übertragbare Querkraft	389
	Spezielle Schraubenarten	390
7.2	Schweißen	391
7.3	Kleben	393
7.4	Löten	396
7.5	Nieten	397
7.6	Falzen	397

8	Maschinenelemente	400
8.1	Wellen	400
	Welle-Nabe-Verbindung	400
	Formschlüssige Verbindungen	400
	Keilwellenverbindung	400
	Kraftschlüssige Verbindungen	401
8.2	Lager	404
	Wälzlager	404
	Ausführungen	405
	Festlager-Loslager-Anordnung	407
	Montage/Demontage	407
	Gleitlager	408
8.3	Getriebe	409
	Riementriebe	410
	Kettentriebe	411
	Zahnradtriebe	412
	Stirnradgetriebe	412
	Schneckenradgetriebe	414
	Schmierung	414
	Getriebeberechnung	415
	Spezielle Bauformen von Getrieben	417
8.4	Kupplungen	419
8.5	Pumpen	421
	Verdrängerpumpen	421
	Strömungspumpen	421
8.6	Montage – Demontage	422
9	Numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen (CNC)	427
9.1	Maschinenaufbau	427
9.2	Baueinheiten	427
	Vorschubantriebe	427
	Kugelgewindetrieb	428
	Direktantrieb	429

	Hauptspindelantriebe	429
	Wegnesssysteme	429
9.3	Programmierung von CNC-Maschinen	430
	Manuelle Programmierung	430
	Computerunterstützte Programmierung	430
	Steuerungsarten	431
	Koordinatensysteme	432
	Bezugspunkte	435
9.4	Programmierung nach DIN 66025 und PAL 2007	436
	Programmaufbau nach DIN 66025	436
	Werkzeugkorrekturen, Bahnkorrekturen	440
	Schaltfunktionen, Zusatzfunktionen	440
9.5	Drehen	442
	Wegbedingungen und Zyklen nach PAL 2007	445
9.6	Fräsen	448
	Wegbedingungen und Zyklen nach PAL 2007	451
10	Hydraulik	455
10.1	Grundlagen	455
	Druckflüssigkeiten	455
	Kenngößen von Druckflüssigkeiten	457
	Antriebstechnologien	458
	Grundlagen der Hydraulik	459
10.2	Hydraulikpumpen	462
	Viskosität	463
	Verdrängungsmaschinen	465
	Kenngößen von Hydraulikpumpen	466
10.3	Hydraulikventile	467
	Einteilung der Hydraulikventile	467
	Schaltventile	467
	Stetigventile	467
	Wegeventile	469
	Druckventile	469
	Stromventile	469

Sperrventile	469
Bauformen von Hydraulikventilen	470
Schieberventile	470
Kenngößen von Hydraulikventilen	471
Typenschlüssel Wegeventile	471
Hydraulikplan	475
Sperrventile	469
Bauformen von Hydraulikventilen	470
Druckbegrenzungsventile	470
Kenngößen von Hydraulikventilen	471
Typenschlüssel Wegeventil	471
Hydraulikplan	475
Druckbegrenzungsventile	476
Druckreduzierventile	476
Druckzuschaltventile	477
Rückschlagventile	478
Drosselventile	478
Stromregelventile	478
Druckminderventile	482
10.4 Hydraulikzylinder	483
Druckübersetzung	483
Kolbengeschwindigkeit	484
Maximale Zylinderkraft	485
Pumpenleistung	485
Volumenübersetzung	483
Kolbengeschwindigkeit	484
Maximale Zylinderkraft	485
Pumpenleistung	485
Volumenübersetzung	487
Endlagendämpfung	487
Servozyylinder	487
Bauarten von Hydraulikzylindern	488
Gleichgangzylinder	489
10.5 Hydraulikmotoren	490
10.6 Verbindungstechniken	492
10.7 Hydrospeicher	497
10.8 Hydrofilter	499

10.9	Kühler	500
10.10	Manometer	501
10.11	Hydraulische Schaltpläne	502
	Schaltschema	502
	Offener und geschlossener Hydraulikkreislauf	502
10.12	Ventilsteuerungen	505
	Steuerung mit Wegeventilen	505
	Druckabsicherung	510
	Steuerung mit Druckschaltern	511
	Überwachung der Filterverschmutzung	511
	Speicher zum Ausgleich von Bedarfsschwankungen	511
	Referenzkennzeichen in Schaltplänen der Fluidtechnik	514
11	Englische Aufgaben – Elektrotechnik	516
12	Englische Aufgaben – Metalltechnik	521
13	Aufgabensätze zur Wiederholung und Prüfungsvorbereitung	525
	Aufgabensatz 1	525
	Aufgabensatz 2	528
	Aufgabensatz 3	532
	Aufgabensatz 4	534
	Aufgabensatz 5	537
	Aufgabensatz 6	540
	Aufgabensatz 7	547
	Aufgabensatz 8	551
	Aufgabensatz 9	555
	Aufgabensatz 10	561
	Aufgabensatz 11	563
	Aufgabensatz 12	565
	Sachwortverzeichnis	569