

1 Wechselstrom	12
1.1 Kenngrößen der Wechselstromtechnik	12
1.2 Erzeugung von Wechselstrom	14
1.3 Verbraucher im Wechselstromkreis	14
1.3.1 Widerstand im Wechselstromkreis (ohmscher Verbraucher)	15
1.3.2 Spule im Wechselstromkreis (induktiver Verbraucher)	15
1.3.3 Kondensator im Wechselstromkreis (kapazitiver Verbraucher)	16
1.4 Phasenverschiebungswinkel φ („Phi“)	16
1.5 Zeigerdarstellung von Wechselgrößen	17
1.6 Leistung im Wechselstromkreis	18
1.6.1 Leistungsfaktor $\cos \varphi$	19
1.7 Verbraucherschaltungen im Wechselstromkreis	20
1.7.1 RC- und RL-Reihenschaltung	20
1.7.2 RC- und RL-Parallelschaltung	21
1.7.3 RLC-Schaltungen	22
1.8 Schwingkreise	23
1.8.1 Reihenschwingkreis	23
1.8.2 Parallelschwingkreis	23
1.9 Messen von Wechselgrößen (Oszilloskop)	24
 2 Drehstrom (Dreiphasenwechselstrom)	 25
2.1 Spannungserzeugung und Spannungsarten	25
2.2 Verbraucher im Drehstromnetz	27
2.2.1 Sternschaltung (Y-Schaltung)	27
2.2.2 Dreieckschaltung (Δ -Schaltung)	28
2.2.3 Unsymmetrische Belastung im Drehstromsystem	29
2.2.4 Leiterbruch im Drehstromsystem	30
2.3 Drehstromleistung	31
2.4 Kompensation	32
2.4.1 Kompensationsarten	33
2.4.2 Berechnung der Kompensationskondensatoren	34
 3 Planen von Energieversorgungen	 35
3.1 Spannungsebenen	35
3.2 Netzsysteme (Verteilungssysteme)	35
3.3 Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall	37
3.3.1 Schutz im TN-System	37
3.3.2 Schutz im TT-System	38
3.3.3 Schutz im IT-System	39
3.4 Planen von Niederspannungs-Energieverteilungen	40
4.4.1 Hausanschlusskasten (HAK)	41
3.4.2 Hauptleitung	41

3.4.3	Zählerplätze	41
3.4.4	Stromkreisverteiler	42
3.4.5	Planung von Verteilstromkreisen	43
3.4.6	Kurzschlusschutz	45
4	Prüfen von elektrischen Anlagen	46
4.1	Gesetzliche Vorschriften zur Sicherheit von Anlagen	46
4.2	Bestimmungen der DGUV Vorschrift 3	47
4.3	Prüfungen nach DIN VDE	48
4.3.1	Prüfung ortsfester Anlagen (Anlagenprüfung DIN VDE 0100-600)	48
4.3.2	Wiederholungsprüfung elektrischer Anlagen (Wiederkehrende Prüfung DIN VDE 0105-100)	52
4.3.3	Prüfung ortsveränderlicher Betriebsmittel (Geräteprüfung DIN VDE 0701 und DIN VDE 0702)	52
4.3.4	Prüfung elektrischer Maschinen DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1)	55
4.3.5	Zugelassene Messgeräte	55
4.3.6	Dokumentation der Prüfergebnisse	57
1	Halbleiterbauelemente	60
1.1	Grundsätzlicher Aufbau	60
1.2	Halbleiterwiderstände	60
1.3	PN-Übergang	62
1.4	Dioden	63
1.4.1	Aufbau und Kenndaten	63
1.4.2	Leuchtdioden (LEDs)	65
1.4.3	Z-Dioden	66
1.5	Transistoren	67
1.5.1	Bipolare Transistoren	67
1.5.2	Transistor als Schalter	69
1.5.3	Unipolare Transistoren (Feldeffekttransistoren)	70
1.6	Optokoppler	72
2	Leistungselektronik	73
2.1	Bauelemente der Leistungselektronik	73
2.1.1	Leistungsdioden	73
2.1.2	Diac	74
2.1.3	Thyristoren	75
2.1.4	Triacs	76
2.1.5	IGBTs	78
2.2	Gleichrichter	79
2.2.1	Prinzip der Gleichrichtung	79

2.2.2	Ungesteuerte Gleichrichterschaltungen	79
2.2.3	Einpuls-Mittelpunktschaltung (M1U)	80
2.2.4	Zweipuls-Brückenschaltung (B2U)	81
2.2.5	Dreipuls-Mittelpunkt-Schaltung (M3U)	81
2.2.6	Sechspuls-Brückenschaltung (B6U)	82
2.2.7	Glättung von gleichgerichteten Spannungen	83
2.2.8	Gesteuerte Gleichrichterschaltungen	83
2.3	Wechselrichter	85
2.3.1	Pulsweitenmodulation (PWM)	86
2.4	Netzteile	87
2.4.1	Lineares Netzteil (Trafonetzteil)	87
2.4.2	Schaltnetzteile	89

3 Digitale Baugruppen 90

3.1	Flipflops	90
3.1.1	RS-Flipflop	91
3.1.2	D-Flipflop	91
3.2	NE555	92

4 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) 93

4.1	Störquellen und Störsenken	93
4.2	Störmechanismen	94
4.3	Praktische EMV-Maßnahmen	95
4.3.1	EMV-Maßnahmen bei der Leitungsverlegung	95
4.3.2	EMV-Maßnahmen im Schaltschrank	95

1 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) 98

1.1	Aufbau einer SPS	98
1.2	Signalformen	99
1.3	Arbeitsweise einer SPS	99
1.4	Bauarten von speicherprogrammierbaren Steuerungen	100
1.5	Herstellerspezifische Merkmale	100
1.6	Programmiersprachen	101
1.7	Hardware-Aufbau speicherprogrammierbarer Steuerungen	101
1.8	Vereinfachte Darstellung einer SPS im Stromlaufplan	102
1.9	Grundlagen der SPS-Programmierung	103
1.9.1	Adressierung von Ein- und Ausgängen in einer SPS	103
1.9.2	Absolute und symbolische Adressierung	103
1.9.3	Grundlegende Programmierbefehle	103
1.9.4	Verwendung von Merkern (Remanenz)	106
1.9.5	Abfrage von Öffnern und Schließern im SPS-Programm	106

1.9.6	Flankenauswertung	106
1.9.7	Speicherfunktionen (Flipflops)	107
1.9.8	Zeitfunktionen	108
1.9.9	Zählfunktionen	109
1.10	Bausteinarten	110
1.11	Strukturierung eines SPS-Programms	110
1.12	Erstellen von parametrierbaren Funktionen und Funktionsbausteinen	111
1.13	Ablaufsteuerungen	112
1.13.1	Grundelemente	112
1.13.2	Transitionen	113
1.13.3	Darstellung von Aktionen in Ablaufsteuerungen	113
1.13.4	Sprünge in einer Schrittkette	116
1.13.5	Ablaufsteuerungen mit Verzweigungen	117
1.14	Darstellung einer Ablaufsteuerung in der Programmiersprache FUP	117
1.14.1	Prozessbeschreibung	118
1.14.2	Darstellung des Gafcet-Plans	119
1.14.3	Entwicklung des SPS-Programms	119
1.14.4	Das SPS-Programm in der FUP-Darstellung	120

2 Sensoren 121

2.1	Einteilung von Sensoren	121
2.2	Näherungsschalter	122
2.2.1	Induktiver Näherungsschalter	122
2.2.2	Kapazitive Sensoren (Näherungsschalter)	123
2.2.3	Optische Sensoren (Näherungsschalter)	124
2.2.4	Magnetfeldsensoren	125
2.2.5	Akustische Sensoren (Ultraschallsensoren)	125
2.2.6	Spannungsversorgung und Lastanschluss von Näherungsschaltern	126
2.3	Analoge Sensoren	127
2.3.1	Messung von Temperaturen	127
2.3.2	Widerstandsthermometer	127
2.3.3	Thermistoren	128
2.3.4	Thermoelemente	128
2.4	Messung von Kraft, Druck, Dehnung und Drehmoment	129
2.5	Analoge und digitale Sensoren zur Weg- und Winkelmessung	130
2.5.1	Linearpotentiometer	130
2.5.2	Drehpotentiometer	130
2.5.3	Lasersensoren	130
2.5.4	Inkrementalgeber	131
2.5.5	Absolutwertgeber	131

3 Pneumatik 132

3.1	Aufbau einer Wartungseinheit	132
------------	-------------------------------------	------------

3.2	Pneumatische Antriebe	133
3.2.1	Aufbau eines Pneumatikzylinders	133
3.2.2	Einfachwirkender Zylinder	133
3.2.3	Doppeltwirkender Zylinder	134
3.2.4	Pneumatikzylinder mit einstellbarer Endlagendämpfung	134
3.2.5	Rückmeldung der Kolbenposition	134
3.2.6	Weiter Bauformen von Pneumatikzylindern	134
3.3	Pneumatische Ventile	135
3.3.1	Sperr-, Strom- und Druckventile	135
3.3.2	Wegeventile	136
3.4	Elektropneumatische Grundschaltungen	137
3.4.1	Steuerung eines einfachwirkenden Zylinders mit einem 3/2-Wegeventil	137
3.4.2	Steuerung eines doppeltwirkenden Zylinders mit einem federrückgestellten 5/2-Wegeventil	138
3.4.3	Steuerung eines doppeltwirkenden Zylinders mit einem 5/2-Wege-Impulsventil	139
3.4.4	Abfrage der Zylinderposition mit einem Sensor	139
4	Funktionale Sicherheit von Maschinen	140
4.1	Not-Halt-Abschaltung mit einem Sicherheitsschaltgerät	140
4.2	Sicherheitsmerkmale von Sicherheitsschaltgeräten	141
1	Elektrische Maschinen	144
1.1	Physikalische Grundlagen	144
1.1.1	Strom- und Magnetfeld	144
1.1.2	Magnetfeld und Induktion	145
1.2	Transformator	146
1.2.1	Einphasentransformator	146
1.2.2	Übersetzungsverhältnis	148
1.2.3	Transformator Kenngrößen	150
1.2.4	Verluste und Wirkungsgrad (Realer Transformator)	151
1.2.5	Sondertransformatoren	152
1.2.6	Kleintransformatoren	154
1.3	Grundlagen elektrischer Motoren	155
1.3.1	Physikalische Grundlagen	155
1.3.2	Leistung und Drehmoment	156
1.3.3	Arbeitspunkt eines Motors mit Last	157
1.3.4	Verluste und Wirkungsgrad	158
1.3.5	Bauformen und Baugrößen	159
1.3.6	Betriebsarten	160
1.3.7	Kühlung und Isolierstoffklassen	161
1.4	Drehstrommotoren	162
1.4.1	Funktionsprinzip eines Drehstrommotors (Drehfeldmotor)	162
1.4.2	Asynchronmotor mit Kurzschlussläufer (Käfigläufermotor)	164

1.4.3	Anlassverfahren	165
1.4.4	Schleifringläufermotor	169
1.4.5	Drehzahlsteuerung von Drehstrommotoren	170
1.5	Kondensatormotor (Wechselstrommotor)	171
1.6	Gleichstrommotor	172
1.6.1	Universalmotor	173
1.7	Bremsverfahren	174
1.8	Motorschutz	174
1.8.1	Thermisches Überlastrelais (Motorschutzrelais)	175
1.8.2	Motorschutzscharter	176
1.8.3	Motorvollschutz (Thermistorschutz)	177
1.9	Elektrische Ausrüstung von Maschinen	178
1.9.1	Querschnitte, Farben und Symbole	178
1.9.2	Not-Halt und Stopp-Kategorien	179
1.9.3	Schutz von Steuerstromkreisen	179
1.10	Betriebsstörungen	180
1.11	Antriebsauslegung	180
Anhang.....		182
Sachwortverzeichnis		188
Bildquellenverzeichnis		194