

<b>1 Wechselstrom</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Kenngrößen der Wechselstromtechnik</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Erzeugung von Wechselstrom</b>	<b>14</b>
<b>1.3 Verbraucher im Wechselstromkreis</b>	<b>14</b>
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
<b>1.4 Phasenverschiebungswinkel <math>\varphi</math> („Phi“)</b>	<b>16</b>
<b>1.5 Zeigerdarstellung von Wechselgrößen</b>	<b>17</b>
<b>1.6 Leistung im Wechselstromkreis</b>	<b>18</b>
1.6.1 Leistungsfaktor $\cos \varphi$	19
<b>1.7 Verbraucherschaltungen im Wechselstromkreis</b>	<b>20</b>
1.7.1 RC- und RL-Reihenschaltung	20
1.7.2 RC- und RL-Parallelschaltung	21
1.7.3 RLC-Schaltungen	22
<b>1.8 Schwingkreise</b>	<b>23</b>
1.8.1 Reihenschwingkreis	23
1.8.2 Parallelschwingkreis	23
<b>1.9 Messen von Wechselgrößen (Oszilloskop)</b>	<b>24</b>
<b>2 Drehstrom (Dreiphasenwechselstrom)</b>	<b>25</b>
<b>2.1 Spannungserzeugung und Spannungsarten</b>	<b>25</b>
<b>2.2 Verbraucher im Drehstromnetz</b>	<b>27</b>
2.2.1 Sternschaltung (Y-Schaltung)	27
2.2.2 Dreieckschaltung ( $\Delta$ -Schaltung)	28
2.2.3 Unsymmetrische Belastung im Drehstromsystem	29
2.2.4 Leiterbruch im Drehstromsystem	30
<b>2.3 Drehstromleistung</b>	<b>31</b>
<b>2.4 Kompensation</b>	<b>32</b>
2.4.1 Kompensationsarten	33
2.4.2 Berechnung der Kompensationskondensatoren	34
<b>3 Planen von Energieversorgungen</b>	<b>35</b>
<b>3.1 Spannungsebenen</b>	<b>35</b>
<b>3.2 Netzsysteme (Verteilungssysteme)</b>	<b>35</b>
<b>3.3 Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall</b>	<b>37</b>
3.3.1 Schutz im TN-System	37
3.3.2 Schutz im TT-System	38
3.3.3 Schutz im IT-System	39
<b>3.4 Planen von Niederspannungs-Energieverteilungen</b>	<b>40</b>
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
<b>4 Prüfen von elektrischen Anlagen</b>		<b>46</b>
<b>4.1</b>	<b>Gesetzliche Vorschriften zur Sicherheit von Anlagen</b>	<b>46</b>
<b>4.2</b>	<b>Bestimmungen der DGUV Vorschrift 3</b>	<b>47</b>
<b>4.3</b>	<b>Prüfungen nach DIN VDE</b>	<b>48</b>
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
<b>1 Halbleiterbauelemente</b>		<b>60</b>
<b>1.1</b>	<b>Grundsätzlicher Aufbau</b>	<b>60</b>
<b>1.2</b>	<b>Halbleiterwiderstände</b>	<b>60</b>
<b>1.3</b>	<b>PN-Übergang</b>	<b>62</b>
<b>1.4</b>	<b>Dioden</b>	<b>63</b>
1.4.1	Aufbau und Kenndaten	63
1.4.2	Leuchtdioden (LEDs)	65
1.4.3	Z-Dioden	66
<b>1.5</b>	<b>Transistoren</b>	<b>67</b>
1.5.1	Bipolare Transistoren	67
1.5.2	Transistor als Schalter	69
1.5.3	Unipolare Transistoren (Feldeffekttransistoren)	70
<b>1.6</b>	<b>Optokoppler</b>	<b>72</b>
<b>2 Leistungselektronik</b>		<b>73</b>
<b>2.1</b>	<b>Bauelemente der Leistungselektronik</b>	<b>73</b>
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
<b>2.2</b>	<b>Gleichrichter</b>	<b>79</b>
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
<b>2.3</b>	<b>Wechselrichter</b>	<b>85</b>
2.3.1	Pulsweitenmodulation (PWM)	86
<b>2.4</b>	<b>Netzteile</b>	<b>87</b>
2.4.1	Lineares Netzteil (Trafonetzteil)	87
2.4.2	Schaltnetzteile	89

### **3 Digitale Baugruppen**

<b>3.1</b>	<b>Flipflops</b>	<b>90</b>
3.1.1	RS-Flipflop	91
3.1.2	D-Flipflop	91
<b>3.2</b>	<b>NE555</b>	<b>92</b>

### **4 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)**

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

### **1 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)**

<b>1.1</b>	<b>Aufbau einer SPS</b>	<b>98</b>
<b>1.2</b>	<b>Signalformen</b>	<b>99</b>
<b>1.3</b>	<b>Arbeitsweise einer SPS</b>	<b>99</b>
<b>1.4</b>	<b>Bauarten von speicherprogrammierbaren Steuerungen</b>	<b>100</b>
<b>1.5</b>	<b>Herstellerspezifische Merkmale</b>	<b>100</b>
<b>1.6</b>	<b>Programmiersprachen</b>	<b>101</b>
<b>1.7</b>	<b>Hardware-Aufbau speicherprogrammierbarer Steuerungen</b>	<b>101</b>
<b>1.8</b>	<b>Vereinfachte Darstellung einer SPS im Stromlaufplan</b>	<b>102</b>
<b>1.9</b>	<b>Grundlagen der SPS-Programmierung</b>	<b>103</b>
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 Schließen 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
<b>1.10</b>	<b>Bausteinarten</b>	<b>110</b>
<b>1.11</b>	<b>Strukturierung eines SPS-Programms</b>	<b>110</b>
<b>1.12</b>	<b>Erstellen von parametrierbaren Funktionen und Funktionsbausteinen</b>	<b>111</b>
<b>1.13</b>	<b>Ablaufsteuerungen</b>	<b>112</b>
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 Schrittfolge	116
1.13.5	Ablaufsteuerungen mit Verzweigungen	117
<b>1.14</b>	<b>Darstellung einer Ablaufsteuerung in der Programmiersprache FUP</b>	<b>117</b>
1.14.1	Prozessbeschreibung	118
1.14.2	Darstellung des Grafnetz-Plans	119
1.14.3	Entwicklung des SPS-Programms	119
1.14.4	Das SPS-Programm in der FUP-Darstellung	120
<b>2</b>	<b>Sensoren</b>	<b>121</b>
<b>2.1</b>	<b>Einteilung von Sensoren</b>	<b>121</b>
<b>2.2</b>	<b>Näherungsschalter</b>	<b>122</b>
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
<b>2.3</b>	<b>Analoge Sensoren</b>	<b>127</b>
2.3.1	Messung von Temperaturen	127
2.3.2	Widerstandsthermometer	127
2.3.3	Thermistoren	128
2.3.4	Thermoelemente	128
<b>2.4</b>	<b>Messung von Kraft, Druck, Dehnung und Drehmoment</b>	<b>129</b>
<b>2.5</b>	<b>Analoge und digitale Sensoren zur Weg- und Winkelmessung</b>	<b>130</b>
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
<b>3</b>	<b>Pneumatik</b>	<b>132</b>
<b>3.1</b>	<b>Aufbau einer Wartungseinheit</b>	<b>132</b>

<b>3.2</b>	<b>Pneumatische Antriebe</b>	<b>133</b>
3.2.1	Aufbau eines Pneumatikzylinders	133
3.2.2	Einfachwirkender Zylinder	133
3.2.3	Doppeltwirkender Zylinder	134
3.2.4	Pneumatikzylinder mit einstellarer Endlagendämpfung	134
3.2.5	Rückmeldung der Kolbenposition	134
3.2.6	Weiter Bauformen von Pneumatikzylindern	134
<b>3.3</b>	<b>Pneumatische Ventile</b>	<b>135</b>
3.3.1	Sperr-, Strom- und Druckventile	135
3.3.2	Wegeventile	136
<b>3.4</b>	<b>Elektropneumatische Grundschaltungen</b>	<b>137</b>
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
<b>4 Funktionale Sicherheit von Maschinen</b>		<b>140</b>
<b>4.1</b>	<b>Not-Halt-Abschaltung mit einem Sicherheitsschaltgerät</b>	<b>140</b>
<b>4.2</b>	<b>Sicherheitsmerkmale von Sicherheitsschaltgeräten</b>	<b>141</b>
<b>1 Elektrische Maschinen</b>		<b>144</b>
<b>1.1</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	<b>144</b>
1.1.1	Strom- und Magnetfeld	144
1.1.2	Magnetfeld und Induktion	145
<b>1.2</b>	<b>Transformator</b>	<b>146</b>
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
<b>1.3</b>	<b>Grundlagen elektrischer Motoren</b>	<b>155</b>
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
<b>1.4</b>	<b>Drehstrommotoren</b>	<b>162</b>
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
<b>1.5</b>	<b>Kondensatormotor (Wechselstrommotor)</b> .....	<b>171</b>
<b>1.6</b>	<b>Gleichstrommotor</b> .....	<b>172</b>
1.6.1	Universalmotor .....	173
<b>1.7</b>	<b>Bremsverfahren</b> .....	<b>174</b>
<b>1.8</b>	<b>Motorschutz</b> .....	<b>174</b>
1.8.1	Thermisches Überlastrelais (Motorschutzrelais) .....	175
1.8.2	Motorschutzschalter .....	176
1.8.3	Motorvollschatz (Thermistorschutz) .....	177
<b>1.9</b>	<b>Elektrische Ausrüstung von Maschinen</b> .....	<b>178</b>
1.9.1	Querschnitte, Farben und Symbole .....	178
1.9.2	Not-Halt und Stopp-Kategorien .....	179
1.9.3	Schutz von Steuerstromkreisen .....	179
<b>1.10</b>	<b>Betriebsstörungen</b> .....	<b>180</b>
<b>1.11</b>	<b>Antriebsauslegung</b> .....	<b>180</b>
	Anhang .....	182
	Sachwortverzeichnis .....	188
	Bildquellenverzeichnis .....	194