

<b>1 Wechselstrom</b>	<b>12</b>
1.1 <b>Kenngrößen der Wechselstromtechnik</b>	<b>12</b>
1.2 <b>Erzeugung von Wechselstrom</b>	<b>14</b>
1.3 <b>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
1.4 <b>Phasenverschiebungswinkel <math>\varphi</math> („Phi“)</b>	<b>16</b>
1.5 <b>Zeigerdarstellung von Wechselgrößen</b>	<b>17</b>
1.6 <b>Leistung im Wechselstromkreis</b>	<b>18</b>
1.6.1 Leistungsfaktor $\cos \varphi$	19
1.7 <b>Verbraucherschaltungen im Wechselstromkreis</b>	<b>20</b>
1.7.1 Grundschaltungen mit idealen Bauelementen	20
1.7.2 Resonanz	21
1.8 <b>Schwingkreise</b>	<b>21</b>
1.8.1 Reihenschwingkreis	21
1.8.2 Parallelschwingkreis	21
1.9 <b>Messen von Wechselgrößen (Oszilloskop)</b>	<b>22</b>
<b>2 Drehstrom (Dreiphasenwechselstrom)</b>	<b>23</b>
2.1 <b>Spannungserzeugung und Spannungsarten</b>	<b>23</b>
2.2 <b>Verbraucher im Drehstromnetz</b>	<b>25</b>
2.2.1 Sternschaltung (Y-Schaltung)	25
2.2.2 Dreieckschaltung ( $\Delta$ -Schaltung)	26
2.2.3 Unsymmetrische Belastung im Drehstromsystem	27
2.2.4 Leiterbruch im Drehstromsystem	28
2.3 <b>Drehstromleistung</b>	<b>29</b>
<b>3 Planen von Energieversorgungen</b>	<b>30</b>
3.1 <b>Spannungsebenen</b>	<b>30</b>
3.2 <b>Netzsysteme (Verteilungssysteme)</b>	<b>35</b>
3.3 <b>Schutz durch automatische Abschaltung im Fehlerfall</b>	<b>32</b>
3.3.1 Schutz im TN-System	32
3.3.2 Schutz im TT-System	33
3.3.3 Schutz im IT-System	34
3.4 <b>Planen von Niederspannungs-Energieverteilungen</b>	<b>35</b>
3.4.1 Hausanschluss	36
3.4.2 Hausanschlusskasten (HAK)	37
3.4.3 Hauptleitung	37
3.4.4 Zählerplätze	38
3.4.5 Stromkreisverteiler	39
3.4.6 Planung von Verteilstromkreisen	41

<b>4 Betriebsstätten und Anlagen besonderer Art</b>	<b>44</b>
---	-----------

<b>4.1 Baustellen</b>	<b>44</b>
<b>4.2 Landwirtschaftliche und gartenbauliche Betriebsstätten</b>	<b>45</b>
<b>4.3 Feuergefährdete Betriebsstätten</b>	<b>45</b>
<b>4.4 Gesetzliche Vorschriften zur Sicherheit von Anlagen</b>	<b>46</b>
<b>4.5 Bestimmungen der DGUV Vorschrift 3</b>	<b>47</b>
<b>4.6 Prüfungen nach DIN VDE</b>	<b>48</b>
4.6.1 Prüfung ortsfester Anlagen (Anlagenprüfung DIN VDE 0100-600)	48
4.6.2 Wiederholungsprüfung elektrischer Anlagen (wiederkehrende Prüfung DIN VDE 0105-100)	52
4.6.3 Prüfung ortsveränderlicher Betriebsmittel (Geräteprüfung DIN VDE 0701 und DIN VDE 0702)	52
4.6.4 Prüfung elektrischer Maschinen DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1)	55
4.6.5 Zugelassene Messgeräte	55
4.6.6 Dokumentation der Prüfergebnisse	57

<b>1 Halbleiterbauelemente</b>	<b>60</b>
--------------------------------	-----------

<b>1.1 Grundsätzlicher Aufbau</b>	<b>60</b>
<b>1.2 Halbleiterwiderstände</b>	<b>60</b>
<b>1.3 PN-Übergang</b>	<b>62</b>
<b>1.4 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 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 Optokoppler</b>	<b>72</b>

<b>2 Leistungselektronik</b>	<b>73</b>
------------------------------	-----------

<b>2.1 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
<b>3</b>	<b>Digitale Baugruppen</b>	<b>90</b>
<b>3.1</b>	<b>Flipflops</b>	<b>90</b>
3.1.1	RS-Flipflop	91
3.1.2	D-Flipflop	91
<b>1</b>	<b>Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)</b>	<b>94</b>
<b>1.1</b>	<b>Aufbau einer SPS</b>	<b>94</b>
<b>1.2</b>	<b>Signalformen</b>	<b>95</b>
<b>1.3</b>	<b>Arbeitsweise einer SPS</b>	<b>95</b>
<b>1.4</b>	<b>Bauarten von speicherprogrammierbaren Steuerungen</b>	<b>96</b>
<b>1.5</b>	<b>Herstellerspezifische Merkmale</b>	<b>96</b>
<b>1.6</b>	<b>Programmiersprachen</b>	<b>97</b>
<b>2</b>	<b>Kleinsteuerungen</b>	<b>97</b>
<b>2.1</b>	<b>Anschlussplan und Zuordnungsliste</b>	<b>98</b>
<b>2.2</b>	<b>Funktionale Sicherheit</b>	<b>99</b>
2.2.1	Not-Halt-Abschaltung mit Sicherheitsschaltgerät	100
<b>2.3</b>	<b>Programmieren von Kleinsteuerungen</b>	<b>101</b>
2.3.1	Kontaktplan KOP	101
2.3.2	Programmieren im Kontaktplan (KOP) mit EATON easySoft 8	103

2.3.3	Easy Device Programmierung (EDP) mit EATON easySoft 8	105
2.3.4	Funktionsplan (FUP)	107
2.3.5	Programmieren im Funktionsplan (FUP) mit EATON easy Soft 8	108
2.3.6	Programmieren im Funktionsplan (FUP) der Siemens LOGO!	110
<b>3</b>	<b>Sensoren</b>	<b>112</b>
<b>3.1</b>	<b>Einteilung von Sensoren</b>	<b>112</b>
<b>3.2</b>	<b>Näherungsschalter</b>	<b>113</b>
3.2.1	Induktive Sensoren (Näherungsschalter)	113
3.2.2	Kapazitive Sensoren (Näherungsschalter)	114
3.2.3	Optische Sensoren (Näherungsschalter)	115
3.2.4	Magnetfeldsensoren	116
3.2.5	Akustische Sensoren (Ultraschallsensoren)	116
<b>3.3</b>	<b>Analoge Sensoren</b>	<b>117</b>
3.3.1	Messung von Temperaturen	117
3.3.2	Widerstandsthermometer	117
3.3.3	Thermistoren	118
3.3.4	Thermoelemente	118
<b>3.4</b>	<b>Messung von Kraft, Druck, Dehnung und Drehmoment</b>	<b>119</b>
<b>3.5</b>	<b>Analoge und digitale Sensoren zur Weg- und Winkelmessung</b>	<b>120</b>
3.5.1	Linearpotentiometer	120
3.5.2	Drehpotentiometer	120
3.5.3	Lasersensoren	120
3.5.4	Inkrementalgeber	121
3.5.5	Absolutwertgeber	121
<b>4</b>	<b>Einführung in die Regelungstechnik</b>	<b>122</b>
<b>4.1</b>	<b>Steuern und Regeln</b>	<b>122</b>
<b>4.2</b>	<b>Regelstrecken</b>	<b>123</b>
4.2.1	Übertragungsbeiwert und Regelbarkeit	124
<b>4.3</b>	<b>Regler</b>	<b>125</b>
4.3.1	Zweipunktregler	125
4.3.2	PID-Regler	126
4.3.3	Ziel der Regelung	127
<b>1</b>	<b>Elektrische Maschinen</b>	<b>130</b>
<b>1.1</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	<b>130</b>

1.1.1	Strom- und Magnetfeld	130
1.1.2	Magnetfeld und Induktion	131
<b>1.2</b>	<b>Transformator</b>	<b>132</b>
1.2.1	Einphasentransformator	132
1.2.2	Übersetzungsverhältnis	134
1.2.3	Transformator Kenngrößen	136
1.2.4	Verluste und Wirkungsgrad (Realer Transformator)	137
1.2.5	Sondertransformatoren	138
1.2.6	Kleintransformatoren	140
<b>1.3</b>	<b>Grundlagen elektrischer Motoren</b>	<b>141</b>
1.3.1	Physikalische Grundlagen	141
1.3.2	Leistung und Drehmoment	142
1.3.3	Arbeitspunkt eines Motors mit Last	143
1.3.4	Verluste und Wirkungsgrad	144
1.3.5	Bauformen und Baugrößen	145
1.3.6	Betriebsarten	146
1.3.7	Kühlung und Isolierstoffklassen	147
<b>1.4</b>	<b>Drehstrommotoren</b>	<b>148</b>
1.4.1	Funktionsprinzip eines Drehstrommotors (Drehfeldmotor)	148
1.4.2	Asynchronmotor mit Kurzschlussläufer (Käfigläufermotor)	150
1.4.3	Anlassverfahren	151
1.4.4	Drehzahlsteuerung von Drehstrommotoren	155
<b>1.5</b>	<b>Wechselstrommotoren</b>	<b>156</b>
1.5.1	Kondensatormotor	156
1.5.2	Spaltmotor	157
<b>1.6</b>	<b>Gleichstrommotor</b>	<b>158</b>
1.6.1	Universalmotor	159
<b>1.7</b>	<b>Bremsverfahren</b>	<b>160</b>
<b>1.8</b>	<b>Motorschutz</b>	<b>160</b>
1.8.1	Thermisches Überlastrelais (Motorschutzrelais)	161
1.8.2	Motorschutzschalter	162
1.8.3	Motorvollsenschutz (Thermistorschutz)	163
<b>1.9</b>	<b>Elektrische Ausrüstung von Maschinen</b>	<b>164</b>
1.9.1	Querschnitte, Farben und Symbole	164
1.9.2	Not-Halt und Stopp-Kategorien	165
1.9.3	Schutz von Steuerstromkreisen	165
<b>1.10</b>	<b>Betriebsstörungen</b>	<b>166</b>
<b>1.11</b>	<b>Antriebsauslegung</b>	<b>166</b>
<b>2</b>	<b>Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)</b>	<b>168</b>
<b>2.1</b>	<b>Störquellen und Störsenken</b>	<b>160</b>
<b>2.2</b>	<b>Störmechanismen</b>	<b>169</b>
<b>2.3</b>	<b>Praktische EMV-Maßnahmen</b>	<b>170</b>
2.3.1	EMV-Maßnahmen bei der Leitungsverlegung	170
2.3.2	EMV-Maßnahmen im Schaltschrank	170

Anhang	171
Sachwortverzeichnis	177
Bildquellenverzeichnis	183