

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort zur 6. Auflage</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 Einheiten und Zeichen</b> .....	<b>1</b>
1.1 Basiseinheiten .....	1
1.2 Ableitung der elektrischen Einheiten .....	1
1.3 Abkürzungen von Einheiten .....	1
1.4 Vorsätze von Einheiten .....	2
1.5 Umrechnung von Einheiten .....	3
1.6 Formelzeichen .....	3
1.7 Häufig gebrauchte Schaltsymbole .....	4
1.8 Das griechische Alphabet .....	9
<b>2 Mathematische Grundlagen, Formeln und grafische Lösungsverfahren</b> .....	<b>11</b>
2.1 Satz des Pythagoras .....	11
2.2 Winkelfunktionen (trigonometrische Funktionen) .....	12
2.3 Funktionsgleichungen .....	13
2.4 Formeln .....	14
2.5 Grafische Lösungsverfahren .....	22
<b>3 Einführung</b> .....	<b>27</b>
3.1 Normen, Vorschriften, Richtlinien .....	27
3.2 Einige Sicherheitshinweise .....	28
3.3 Vorgehensweise bei der Projektierung .....	30
3.4 Bemessung der Hausanschlussleitung .....	33
3.5 Bemessungsstromstärke von Lasten .....	36
<b>4 Berechnung von Kurzschlussströmen</b> .....	<b>41</b>
4.1 Allgemeine Gesichtspunkte für die Ermittlung von Kurzschlussströmen .....	41
4.2 Generatorferner Kurzschluss .....	43
4.2.1 Anfangs-Kurzschlusswechselstrom .....	43
4.2.1.1 Wirk- und Blindwiderstände des Hochspannungsnetzes, bezogen auf die Unterspannungsseite des Transformators .....	44
4.2.1.2 Wirk- und Blindwiderstände von Transformatoren .....	44
4.2.1.3 Wirk- und Blindwiderstände des Leitungsnetzes .....	46

4.2.2	Stoßkurzschlussstrom $i_p$ .....	49
4.3	Kleinsten Kurzschlussstrom .....	52
4.3.1	Allgemeine Gesichtspunkte für die Ermittlung des kleinsten Kurzschlussstroms. ....	52
4.3.2	Berechnung des kleinsten einpoligen Kurzschlussstroms. ....	53
4.4	Generatornahe Kurzschlüsse in Niederspannungsnetzen. ....	60
<b>5</b>	<b>Spannungsfall auf elektrischen Kabeln und Leitungen</b> .....	<b>73</b>
5.1	Grundsätze für die Ermittlung des Spannungsfalls .....	73
5.2	Spannungsfall bei Gleichstrom .....	74
5.3	Spannungsfall bei Wechselstrom. ....	75
5.4	Spannungsfall bei Drehstrom .....	76
<b>6</b>	<b>Schutz durch Abschaltung</b> .....	<b>81</b>
6.1	TN-System mit Überstrom-Schutzeinrichtung. ....	81
6.2	TN-System mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung .....	85
6.3	TT-System mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung .....	85
<b>7</b>	<b>Erdungsanlagen</b> .....	<b>87</b>
7.1	Erdungswiderstand .....	87
7.1.1	Oberflächenerder .....	87
7.1.2	Tiefenerder .....	88
7.1.3	Fundamenterder .....	89
7.2	Ringerder. ....	91
7.3	Bauliche Maßnahmen bei Erdungsanlagen .....	94
<b>8</b>	<b>Blitzschutzanlagen</b> .....	<b>99</b>
8.1	Trennungsabstand .....	103
8.2	Innerer Blitzschutz. ....	104
8.3	Hauptpotentialausgleich. ....	106
8.4	Ausführung der Erdungsanlage für den Potentialausgleich .....	106
8.5	Schutzpotentialausgleichsleiter .....	106
8.6	Haupterdungsklemme .....	107
8.7	Zusätzlicher Potentialausgleich .....	107
8.8	Auswahl, Installation und Montage von Überspannungs- schutzgeräten (SPDs) .....	108
8.9	Beispiele für Blitzschutz und Erdung .....	110
<b>9</b>	<b>Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen</b> .....	<b>113</b>
9.1	Strombelastbarkeit von Leitungen .....	113

9.1.1	Strombelastbarkeit $I_Z$ bei anderen Umgebungs- temperaturen ab 30 °C .....	117
9.1.2	Strombelastbarkeit $I_Z$ von gehäuft verlegten Leitungen.....	118
9.1.3	Strombelastbarkeit $I_Z$ von vieladrigen Leitungen .....	120
9.2	Strombelastbarkeit von Kabeln .....	121
9.2.1	Strombelastbarkeit $I_Z$ von Kabeln bei Verlegung in Luft und besonderen Umgebungsbedingungen .....	122
9.2.2	Strombelastbarkeit $I_Z$ von in Erde verlegten Kabeln, die durch Abdeckhauben oder Rohre geschützt werden.....	122
9.2.3	Strombelastbarkeit $I_Z$ von gehäuft verlegten Kabeln im Erdreich .....	122
9.2.4	Strombelastbarkeit $I_Z$ von vieladrigen Kabeln bei Verlegung im Erdreich.....	123
9.3	Strombelastbarkeit $I_Z$ für Leitungen und Kabel mit anderen Grenztemperaturen als 70 °C.....	123
9.4	Strombelastbarkeit als quadratischer Mittelwert .....	125
9.5	Strombelastbarkeit $I'_Z$ bei Kurzzeit- und Aussetzbetrieb.....	126
9.5.1	Kurzzeitbetrieb.....	127
9.5.2	Aussetzbetrieb .....	128
9.6	Strombelastbarkeit $I_Z$ parallel geschalteter Leitungen und Kabel.....	130
9.7	Strombelastbarkeit $I_Z$ bei gleichzeitig mehreren Umrechnungs- faktoren.....	130
<b>10</b>	<b>Schutz von Leitungen und Kabeln bei Überlast.....</b>	<b>133</b>
10.1	Auswahl der Schutzeinrichtungen .....	133
10.2	Überstromschutz von Leitungen.....	134
<b>11</b>	<b>Schutz von Leitungen und Kabeln bei Kurzschluss .....</b>	<b>145</b>
11.1	Gemeinsame Schutzeinrichtung für Überlast und Kurzschluss.....	145
11.2	Berechnung der zulässigen Ausschaltzeit.....	146
<b>12</b>	<b>Beispiele zur Bemessung von Leitungen und Kabeln .....</b>	<b>153</b>
<b>13</b>	<b>Bemessung von Schutzleitern .....</b>	<b>163</b>
13.1	Bemessung von Schutzleitern durch Tabellen.....	163
13.2	Bemessung von Schutzleitern durch Berechnung.....	164
13.3	Bemessung der Schutzpotentialausgleichsleiter .....	167
<b>14</b>	<b>Beurteilung von Messfehlern .....</b>	<b>169</b>
14.1	Messen des Schleifenwiderstands .....	169
14.2	Messen des Erdungswiderstands.....	170
14.3	Messen des Isolationswiderstands.....	170

<b>15</b>	<b>Transformatoren und deren Parallelbetrieb</b>	<b>173</b>
15.1	Lastverteilung bei gleichen relativen Kurzschlussspannungen	173
15.2	Lastverteilung bei verschiedenen relativen Kurzschlussspannungen	174
<b>16</b>	<b>Selektiver Netzaufbau</b>	<b>175</b>
16.1	Grundsätzliche Anforderungen	175
16.2	Grundsätzliche Vorgehensweise	181
16.3	Selektivitätsnachweis	182
16.3.1	Selektivitätsnachweis durch Messung	183
16.3.2	Selektivitätsnachweis durch Berechnung	185
<b>17</b>	<b>Blindstromkompensation</b>	<b>201</b>
<b>18</b>	<b>Innenraum-Beleuchtungsanlagen</b>	<b>207</b>
18.1	Beleuchtungskonzepte	209
18.1.1	Raumbezogene Beleuchtung	210
18.1.2	Arbeitsbereichsbezogene Beleuchtung	210
18.1.3	Teilflächenbezogene Beleuchtung	211
18.2	Wartungswert und Wartungsfaktor	211
18.3	Beurteilung der Begrenzung der Direktblendung	212
18.4	Lichttechnische Anforderungen	213
18.5	Beleuchtungsstärke	213
18.6	Berechnung der Beleuchtungsstärke	214
18.7	Erforderliche Leuchtenanzahl z.	219
18.8	Gleichmäßigkeit der Beleuchtung	220
18.9	Begrenzung der Blendung	221
18.9.1	Begrenzung der Direktblendung	221
18.9.2	Begrenzung der Reflexblendung	226
18.10	Lichtrichtung und Schattigkeit	226
18.11	Lichtfarbe und Farbwiedergabe	226
<b>19</b>	<b>Projektierung einer Lagerhalle</b>	<b>229</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>257</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>		<b>259</b>