

# Inhalt

<b>Vorwort zur 8. Auflage</b> . . . . .	5
<b>1 Einheiten und Zeichen</b> . . . . .	13
1.1 Basiseinheiten . . . . .	13
1.2 Ableitung der elektrischen Einheiten. . . . .	13
1.3 Abkürzungen von Einheiten . . . . .	14
1.4 Vorsätze von Einheiten . . . . .	15
1.5 Umrechnung von Einheiten . . . . .	15
1.6 Formelzeichen . . . . .	16
1.7 Häufig gebrauchte Schaltsymbole. . . . .	17
1.8 Das griechische Alphabet . . . . .	20
<b>2 Mathematische Grundlagen, Formeln und grafische Lösungsverfahren</b> . . . . .	21
2.1 Satz des Pythagoras . . . . .	21
2.2 Winkelfunktionen (trigonometrische Funktionen) . . . . .	22
2.3 Funktionsgleichungen . . . . .	23
2.4 Formeln . . . . .	24
2.5 Grafische Lösungsverfahren . . . . .	32
2.6 Asynchronmotoren . . . . .	36
<b>3 Einführung</b> . . . . .	41
3.1 Normen, Vorschriften, Richtlinien. . . . .	41
3.2 Einige Sicherheitshinweise . . . . .	42
3.3 Vorgehensweise bei der Projektierung. . . . .	44
3.4 Bemessung der Hauptleitung. . . . .	47
3.5 Bemessungsstromstärke von Lasten . . . . .	50
<b>4 Berechnung von Kurzschlussströmen</b> . . . . .	57
4.1 Allgemeine Gesichtspunkte für die Ermittlung von Kurzschluss- strömen . . . . .	57
4.2 Generatorferner Kurzschluss . . . . .	59
4.2.1 Anfangs-Kurzschlusswechselstrom $I_k''$ . . . . .	59
4.2.1.1 Wirk- und Blindwiderstände des Hochspannungsnetzes, bezogen auf die Unterspannungsseite des Transformators . . . . .	60
4.2.1.2 Wirk- und Blindwiderstände von Transformatoren . . . . .	60

4.2.1.3	Wirk- und Blindwiderstände des Leitungsnetzes . . . . .	62
4.2.2	Stoßkurzschlussstrom $i_p$ . . . . .	65
4.3	Kleinster Kurzschlussstrom $I''_{k1}$ . . . . .	68
4.3.1	Allgemeine Gesichtspunkte für die Ermittlung des kleinsten Kurzschlussstroms . . . . .	68
4.3.2	Berechnung des kleinsten einpoligen Kurzschlussstroms $I''_{k1}$ . . . . .	69
4.4	Generatornahe Kurzschlüsse in Niederspannungsnetzen . . . . .	76
<b>5</b>	<b>Spannungsfall auf elektrischen Kabeln und Leitungen . . . . .</b>	<b>89</b>
5.1	Grundsätze für die Ermittlung des Spannungsfalls . . . . .	89
5.2	Spannungsfall bei Gleichstrom . . . . .	90
5.3	Spannungsfall bei Wechselstrom . . . . .	91
5.4	Spannungsfall bei Drehstrom . . . . .	93
<b>6</b>	<b>Schutz durch Abschaltung . . . . .</b>	<b>97</b>
6.1	TN-System mit Überstrom-Schutzeinrichtung . . . . .	97
6.2	TN-System mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung . . . . .	101
6.3	TT-System mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtung . . . . .	102
6.4	Empfehlungen von Fehlerstrom- und -Überstrom-Schutzeinrichtungen . . . . .	103
<b>7</b>	<b>Erdungsanlagen . . . . .</b>	<b>107</b>
7.1	Erdungswiderstand . . . . .	107
7.1.1	Oberflächenerder . . . . .	107
7.1.2	Tiefenerder . . . . .	108
7.1.3	Fundamenterder . . . . .	109
7.2	Ringerder . . . . .	111
7.3	Bauliche Maßnahmen bei Erdungsanlagen . . . . .	115
7.4	Wirksamkeit des Schutzpotentialausgleichs . . . . .	117
7.4.1	Betrachtung des TN-Systems . . . . .	119
7.4.2	Betrachtung des TT-Systems . . . . .	123
7.4.3	Unterbrechung des Schutzleiters . . . . .	126
7.4.4	Vergleich der Ergebnisse . . . . .	127
<b>8</b>	<b>Blitzschutzanlagen . . . . .</b>	<b>129</b>
8.1	Trennungsabstand . . . . .	133
8.2	Innerer Blitzschutz . . . . .	134
8.3	Hauptschutzpotentialausgleich . . . . .	136
8.4	Ausführung der Erdungsanlage für den -Potentialausgleich . . . . .	136
8.5	Schutzpotentialausgleichsleiter . . . . .	136

8.6	Haupterdungsklemme . . . . .	137
8.7	Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich. . . . .	137
8.8	Auswahl, Installation und Montage von Überspannungsschutzgeräten (SPD) . . . . .	138
8.9	Beispiele für Blitzschutz und Erdung . . . . .	140
<b>9</b>	<b>Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen . . . . .</b>	<b>143</b>
9.1	Strombelastbarkeit von Leitungen. . . . .	143
9.1.1	Strombelastbarkeit $I_Z$ bei anderen Umgebungstemperaturen ab 30 °C . . . . .	146
9.1.2	Strombelastbarkeit $I_Z$ von gehäuft verlegten Leitungen . . . . .	147
9.1.3	Strombelastbarkeit $I_Z$ von vieladrigen Leitungen . . . . .	148
9.2	Strombelastbarkeit von Kabeln . . . . .	149
9.2.1	Strombelastbarkeit $I_Z$ von Kabeln bei Verlegung in Luft und besonderen Umgebungsbedingungen . . . . .	150
9.2.2	Strombelastbarkeit $I_Z$ von in Erde verlegten Kabeln, die durch Abdeckhauben oder Rohre geschützt werden . . . . .	150
9.2.3	Strombelastbarkeit $I_Z$ von gehäuft verlegten Kabeln im Erdreich. . . . .	151
9.2.4	Strombelastbarkeit $I_Z$ von vieladrigen Kabeln bei Verlegung im Erdreich . . . . .	151
9.3	Strombelastbarkeit $I_Z$ für Leitungen und Kabel mit anderen Grenztemperaturen als 70 °C. . . . .	152
9.4	Strombelastbarkeit als quadratischer Mittelwert. . . . .	153
9.5	Strombelastbarkeit $I_Z$ bei Kurzzeit- und Aussetzbetrieb . . . . .	154
9.5.1	Kurzzeitbetrieb . . . . .	155
9.5.2	Aussetzbetrieb . . . . .	156
9.6	Strombelastbarkeit $I_Z$ parallel geschalteter Leitungen und Kabel. . . . .	158
9.7	Strombelastbarkeit $I_Z$ bei gleichzeitig mehreren Umrechnungsfaktoren . . . . .	159
<b>10</b>	<b>Schutz von Leitungen und Kabeln bei Überlast . . . . .</b>	<b>161</b>
10.1	Auswahl der Schutzeinrichtungen. . . . .	161
10.2	Überstromschutz von Leitungen . . . . .	162
10.3	Maximal zulässige Kabel- und Leitungslängen. . . . .	172
<b>11</b>	<b>Schutz von Leitungen und Kabeln bei Kurzschluss . . . . .</b>	<b>177</b>
11.1	Gemeinsame Schutzeinrichtung für Überlast und Kurzschluss. . . . .	177
11.2	Berechnung der zulässigen Ausschaltzeit . . . . .	178
<b>12</b>	<b>Beispiele zur Bemessung von Leitungen und Kabeln. . . . .</b>	<b>185</b>

<b>13</b>	<b>Bemessung von Schutzleitern</b> . . . . .	195
13.1	Bemessung von Schutzleitern durch Tabellen . . . . .	195
13.2	Bemessung von Schutzleitern durch Berechnung . . . . .	196
13.3	Bemessung der Schutzpotentialausgleichsleiter . . . . .	199
<b>14</b>	<b>Prüfung und Inbetriebnahme von Elektroinstallationen</b> . . . . .	201
14.1	Beurteilung von Messfehlern . . . . .	201
14.2	Messen des Schleifenwiderstands . . . . .	202
14.3	Messen des Erdungswiderstands . . . . .	203
14.4	Messen des Isolationswiderstands . . . . .	204
<b>15</b>	<b>Transformatoren und deren Parallelbetrieb</b> . . . . .	209
15.1	Lastverteilung bei gleichen relativen Kurzschlussspannungen . . . . .	209
15.2	Lastverteilung bei verschiedenen relativen Kurzschluss- spannungen . . . . .	210
<b>16</b>	<b>Selektiver Netzaufbau</b> . . . . .	211
16.1	Grundsätzliche Anforderungen . . . . .	211
16.2	Grundsätzliche Vorgehensweise . . . . .	217
16.3	Selektivitätsnachweis . . . . .	218
16.3.1	Selektivitätsnachweis durch Messung . . . . .	219
16.3.2	Selektivitätsnachweis durch Berechnung . . . . .	221
<b>17</b>	<b>Blindstromkompensation</b> . . . . .	237
<b>18</b>	<b>Innenraum-Beleuchtungsanlagen</b> . . . . .	243
18.1	Beleuchtungskonzepte . . . . .	245
18.1.1	Raumbezogene Beleuchtung . . . . .	246
18.1.2	Arbeitsbereichsbezogene Beleuchtung . . . . .	246
18.1.3	Teilflächenbezogene Beleuchtung . . . . .	247
18.2	Wartungswert und Wartungsfaktor . . . . .	247
18.3	Beurteilung der Begrenzung der Direktblendung . . . . .	248
18.4	Lichttechnische Anforderungen . . . . .	249
18.5	Beleuchtungsstärke . . . . .	249
18.6	Berechnung der Beleuchtungsstärke . . . . .	250
18.7	Erforderliche Leuchtenanzahl $z$ . . . . .	255
18.8	Gleichmäßigkeit der Beleuchtung . . . . .	256
18.9	Begrenzung der Blendung . . . . .	257
18.9.1	Begrenzung der Direktblendung . . . . .	258
18.9.2	Begrenzung der Reflexblendung . . . . .	262

---

18.10	Lichtrichtung und Schattigkeit .....	262
18.11	Lichtfarbe und Farbwiedergabe.....	262
<b>19</b>	<b>Projektierung einer Lagerhalle .....</b>	<b>265</b>
<b>Literatur</b>	<b>.....</b>	<b>291</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>.....</b>	<b>293</b>