

Inhalt

Vorwort	V
1 Elektrische Anlagen in der Energieverteilung	1
1.1 Netzaufbau	1
1.1.1 Netzfrequenz	2
1.1.2 Spannungsebene	2
1.1.3 Netzstruktur	3
1.1.4 Erdverbindung in elektrischen Systemen	5
1.1.4.1 Mittelspannungsebene	5
1.1.4.2 Niederspannungsebene	7
2 Betriebsmittel und ihre Ersatzschaltbilder	11
2.1 Netzeinspeisung	11
2.2 Generator.....	13
2.2.1 Aufbau und Ersatzschaltbild	14
2.2.2 Betriebsverhalten im Normalbetrieb	16
2.2.2.1 Einspeisung in ein starres Netz.....	16
2.2.2.2 Einspeisung in ein passives Netz.....	19
2.2.3 Betriebsverhalten im Kurzschlussfall.....	20
2.3 Transformatoren.....	22
2.3.1 Aufbau und Ersatzschaltbild	23
2.3.2 Betriebsverhalten.....	25
2.4 Kabel und Leitungen.....	28
2.4.1 Aufbau und Ersatzschaltbild	28
2.4.2 Betriebsverhalten.....	32
2.5 Sammelschienen.....	34
2.5.1 Aufbau und Ersatzschaltbild	35
2.5.2 Betriebsverhalten.....	36
2.6 Schienenverteiler.....	38
2.6.1 Aufbau und Ersatzschaltbild	39
2.6.2 Betriebsverhalten.....	39
2.7 Schaltgeräte.....	40
2.7.1 Aufbau und Ersatzschaltbild	41

2.7.2	Betriebsverhalten	43
2.7.2.1	Ausschaltvorgang	43
2.7.2.2	Auslöseverhalten von Leistungsschaltern	49
2.7.2.3	Auslöseverhalten von Leitungsschutzschaltern	52
2.7.2.4	Auslöseverhalten von Sicherungen	53
2.8	Lasten	55
2.8.1	Ersatzschaltbild und Betriebsverhalten ruhender Lasten	55
2.8.1.1	Lastmodellierung durch eine Impedanz	55
2.8.1.2	Lastmodellierung durch einen konstanten Strom	56
2.8.1.3	Lastmodellierung durch eine konstante Abnahmeleistung	56
2.8.1.4	Spannungsabhängigkeiten von Lastgruppen	56
2.8.2	Ersatzschaltbild und Betriebsverhalten motorischer Lasten	57
2.9	Kompensationsanlagen	63
2.9.1	Aufbau und Wirkungsweise	63
2.9.2	Betriebsverhalten	66
2.10	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	70
2.10.1	Aufbau und Wirkungsweise	70
2.10.2	Betriebsverhalten	72
2.11	Beispiele	72
2.11.1	Spannungsfaktor	72
2.11.2	Stabilität des Generators	73
2.11.3	Generatorkurzschluss	75
2.11.4	Transformatoren im Parallelbetrieb	78
2.11.5	Kabel und ihre Parameter	79
2.11.6	Motoranlauf unter Last	80
3	Projektierung elektrischer Anlagen	85
3.1	Richtlinien, Gesetze, Vorschriften und Regeln	85
3.1.1	EU-Richtlinien	85
3.1.1.1	Niederspannungsrichtlinie	89
3.1.1.2	EMV-Richtlinie	90
3.1.1.3	Maschinenrichtlinie	91
3.1.2	Gesetze	91
3.1.3	Vorschriften und Richtlinien	92
3.1.4	Technische Regelwerke	96
3.2	Lastermittlung	99
3.2.1	Leistungsbedarf	99
3.2.2	Lastcharakter	102
3.2.2.1	Beschreibung der Last durch eine Impedanz	102
3.2.2.2	Beschreibung der Last durch eine konstante Stromaufnahme	105
3.2.2.3	Beschreibung der Last durch eine konstante Leistungsaufnahme	106
3.2.2.4	Auswirkungen der unterschiedlichen Lastnachbildungen	108
3.3	Dimensionierung der Transformatoren	109
3.4	Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen	115
3.4.1	Dimensionierung nach VDE 0298	116
3.4.2	Dimensionierung nach VDE 0276	120

3.4.3 Dimensionierung des Neutralleiters	123
3.5 Strombelastbarkeit von Stromschienenverteilern.....	125
3.6 Lastflussberechnung.....	126
3.6.1 Lastflussberechnung bei Lasten mit konstantem Strom	127
3.6.2 Lastflussberechnung bei Lasten mit konstanter Leistung.....	131
3.6.3 Diskussion der Berechnungsverfahren.....	133
3.7 Überprüfung des Spannungsfalls	135
3.8 Kurzschlussstromberechnung	137
3.8.1 Symmetrischer Kurzschluss	137
3.8.1.1 Berechnung des zeitlichen Verlaufs des Kurzschlussstroms.....	138
3.8.1.2 Berechnung des dreipoligen Kurzschlussstroms nach VDE 0102	140
3.8.1.3 Generatorferner und generatornaher Kurzschluss	142
3.8.2 Unsymmetrischer Kurzschluss	144
3.8.2.1 Verfahren der symmetrischen Komponenten	145
3.8.2.2 Berechnung des einpoligen Erdschlussstroms.....	149
3.8.2.3 Berechnungsbeispiel für den einpoligen und dreipoligen Kurzschlussstrom.....	151
3.8.2.4 Berechnung unsymmetrischer Kurzschlussströme nach VDE 0102	152
3.8.3 Dynamische und thermische Beanspruchung beim Kurzschluss	153
3.9 Schaltgerätedimensionierung	157
3.9.1 Auswahl von Leistungsschaltern.....	157
3.9.1.1 Auswahl der Bemessungsgrößen.....	159
3.9.1.2 Auswahl der Gebrauchskategorie.....	161
3.9.1.3 Berücksichtigung von Höhe und Umgebungstemperatur.....	161
3.9.1.4 Auswahl des Auslösers.....	162
3.9.1.5 Polzahl und Montageart.....	165
3.9.2 Auswahl von Sicherungen.....	165
3.9.2.1 Niederspannungs-Hochleistungssicherungen (NH)	167
3.9.2.2 Schmelzsicherungen des Typs D und D0.....	167
3.9.3 Schütze	168
3.9.4 Motorstarter	169
3.9.5 Leitungsschutzschalter	172
3.9.6 Fehlerstromschutzschalter	172
3.10 Schutzdimensionierung.....	174
3.10.1 Schutz von Kabeln und Leitungen	174
3.10.1.1 Schutz gegen Überlast	174
3.10.1.2 Schutz gegen Kurzschluss	176
3.10.1.3 Einstellung der zugeordneten Überstromschutzeinrichtung	178
3.10.1.4 Schutz des Neutralleiters	182
3.10.2 Schutz von Lichtkreisen	183
3.10.3 Schutz von Motoren	184
3.10.4 Schutz von Transformatoren	185
3.10.5 Schutz von Generatoren	186
3.10.6 Schutz von Blindleistungskompensationseinrichtungen	187
3.11 Blindleistungskompensation	187
3.12 Selektivität	190
3.12.1 Nachweis	190
3.12.2 Realisierung.....	193

3.12.3	Koordination von Überstromschutzeinrichtungen	194
3.12.4	Doppeleinspeisungen	195
3.12.5	Unterspannungsauslöser und Selektivität	195
3.12.6	Back-up-Schutz	196
3.13	Schutz bei indirektem Berühren / Fehlerschutz	198
3.13.1	Schutz bei Verwendung von Kleinspannungen	199
3.13.2	Spannungsbereiche	200
3.13.3	Schutzmaßnahmen	201
3.13.3.1	Schutzeinrichtungen im TN-Netz.....	202
3.13.3.2	Schutzeinrichtungen im TT-Netz	203
3.13.3.3	Schutzeinrichtungen im IT-Netz	204
3.13.3.4	Überprüfung der Abschaltbedingung	206
4	CAE mit DOC	207
4.1	Programminstallation	208
4.2	DOC-Bildschirm	210
4.2.1	Voreinstellungen	210
4.2.2	Betriebsmittelauswahl	212
4.3	Projektbeispiel	215
4.4	Ergebnisdarstellung im Schaltbild und Bericht	223
4.5	Beschriftungsfelder der Schaltpläne	225
4.6	Betriebsmittel und deren Parametrierung	226
4.6.1	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)	226
4.6.2	Generator.....	227
4.6.3	Transformator	229
4.6.4	Impedanz.....	231
4.6.5	Verbindungselemente.....	231
4.6.5.1	Niederspannungskabel	231
4.6.5.2	Schienenverteiler.....	234
4.6.5.3	Sammelschiene.....	236
4.6.6	Multimeter.....	237
4.6.7	Schaltgeräte.....	238
4.6.7.1	Niederspannungs-Leistungsschalter.....	238
4.6.7.2	Fehlerstrom-Schutzschalter	243
4.6.7.3	Niederspannungs-Sicherung	244
4.6.7.4	Niederspannungs-Lasttrennschalter mit Sicherung.....	245
4.6.7.5	Niederspannungs-Trennschalter.....	245
4.6.7.6	Schütz.....	246
4.6.8	Verbraucher.....	247
4.6.8.1	Allgemeine Last	247
4.6.8.2	Motor.....	248
4.6.8.3	Antriebe importieren	251
4.6.8.4	Lampenlast	252
4.6.8.5	Kompensationseinrichtung.....	253
4.6.9	Verbindungselemente.....	254
4.6.9.1	Verbindung.....	254
4.6.9.2	Abgang und Einspeisung	255

4.6.10 Betriebsmittel der Mittelspannungstechnik	255
4.6.10.1 MS-Kabel	256
4.6.10.2 MS-Leistungsschalter	256
4.6.10.3 Sonstige MS-Schaltgeräte	257
4.6.10.4 MS-Wandler und Ableiter	257
4.7 Lastfluss- und Kurzschlussberechnung.....	257
4.8 Parametrierung der Schutzeinrichtungen	259
4.9 Selektivität	264
4.10 Netzkonfiguration	269
4.11 Zusatzwerkzeuge.....	272
4.11.1 Multimeter	272
4.11.2 Blindleistungsbedarf.....	272
4.11.3 Erwärmungsberechnung.....	274
4.11.4 Erweiterte Einstellungen	276
4.11.5 Betriebsmitteletiketten.....	277
4.11.6 Prototypen	278
4.11.7 Desktop-Werkzeuge	279
Literatur.....	281
Stichwortverzeichnis	293