

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zur Arbeit mit dem Buch</b>	<b>10</b>
<b>1 Für wen dieses Fachbuch geeignet ist</b>	<b>11</b>
<b>2 Wie wichtig ist der Kurzschlusschutz für Planer, Errichter und Prüfer?</b>	<b>12</b>
<b>3 Der Kurzschluss in elektrischen Anlagen und Netzen</b>	<b>14</b>
3.1 Kurzschlussvorgang und Kurzschlussgrößen	14
3.1.1 Was ist unter dem Begriff „Kurzschluss“ zu verstehen?	14
3.1.2 Mögliche Quellen für Kurzschlussströme	15
3.1.3 Kurzschlussarten	16
3.1.4 Zeitlicher Verlauf des Kurzschlussstromes	18
3.1.5 Generatornaher und generatorferner Kurzschluss	19
3.2 Kurzschlussströme im Mittelspannungs- und Niederspannungsnetz	20
3.2.1 Ermittlung der Kurzschlussströme: Notwendigkeit und Möglichkeiten	20
3.2.2 Angabe der Kurzschlussströme durch das EVU	21
3.2.3 Kurzschlussberechnungen nach DIN VDE 0102 – Methodik und Verfahren der Kurzschlussberechnung	21
3.2.4 Charakteristische Kurzschlussgrößen	26
3.2.5 Berechnung größter und kleinster Kurzschlussströme	34
3.2.6 Merksätze zur Kurzschlussberechnung	36
3.3 Vereinfachte Berechnung der Kurzschlussströme	36
3.3.1 Annahmen und Grenzen für vereinfachte Berechnungen	36
3.3.2 Kurzschlussimpedanzen	37
3.3.2.1 Kurzschlussimpedanz an der Kurzschlussstelle	37
3.3.2.2 Kurzschlussimpedanzen elektrischer Betriebsmittel	39
3.3.2.3 Messung der Kurzschlussimpedanz	54
3.3.3 Berechnung der Kurzschlussströme	58
3.3.3.1 Berechnung der Kurzschlussströme im Strahlennetz	59
3.3.3.2 Berechnung der Kurzschlussströme im Ringnetz bzw. bei zweiseitiger Speisung	60
3.3.3.3 Berechnung der Kurzschlussströme im Maschennetz	64
3.3.3.4 Berechnung der Kurzschlussströme von Generatoren bei direktem Netzanschluss	71
3.3.3.5 Berechnung der Kurzschlussströme bei Netzersatzbetrieb	74
3.3.3.6 Berechnung der Kurzschlussströme durch Asynchronmotoren	82
3.3.3.7 Berechnung der Kurzschlussströme bei mehrseitiger Speisung	87
3.3.3.8 Berechnung der Kurzschlussströme bei zusätzlichen Sicherheitsstromversorgungsanlagen (ZSV) für Krankenhäuser und Praxisräume	88
<b>4 Kurzschlusschutzeinrichtungen</b>	<b>93</b>
4.1 Leitungsschutzsicherungen	93
4.2 Leitungsschutzschalter	103
4.3 Motorschutzschalter	108
4.4 Leistungsschalter mit Kurzschlussauslöser	110

<b>5</b>	<b>Schutz bei Kurzschluss durch Kurzschlussfestigkeit der elektrischen Anlagen</b>	<b>113</b>
5.1	Was bedeutet Kurzschlussfestigkeit?	113
5.2	Maßgebliche Kurzschlussarten und -ströme	114
5.3	Begrenzung der Höhe und Dauer der Kurzschlussströme	115
5.4	Bemessung der Betriebsmittel und Anlagen auf Kurzschlussfestigkeit	115
5.4.1	Bemessungskriterien	115
5.4.2	Bemessung auf mechanische Kurzschlussfestigkeit	116
5.4.3	Bemessung auf thermische Kurzschlussfestigkeit	117
5.4.4	Kurzschlussfestigkeit durch ausreichendes Schaltvermögen	118
5.5	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit von elektrischen Anlagen	118
5.5.1	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit von Betriebsmitteln	119
5.5.2	Kurzschlusschutz von Kabeln und Leitungen	120
5.5.2.1	Anordnung der Schutzeinrichtungen in Niederspannungsanlagen für den Schutz bei Kurzschluss	120
5.5.2.2	Nachweis der thermischen Kurzschlussfestigkeit	122
5.5.2.3	Grundsätze für den Schutz bei Kurzschluss von Kabeln und Leitungen	123
5.5.2.4	Schutz bei „kleinen“ Kurzschlussströmen (Kurzschlussdauer $T_k = 0,1$ bis $5$ s)	123
5.5.2.5	Schutz bei hohen Kurzschlussströmen (Kurzschlussdauer $T_k < 0,1$ s)	130
5.5.3	Stromschienensysteme	148
5.5.4	Erdungsleiter, Schutzleiter und Potentialausgleichsleiter	152
5.5.5	Schaltgeräte und Schaltgerätekombinationen	154
5.5.5.1	Kurzschlussfestigkeit bei geschlossener Schaltgerätstellung	156
5.5.5.2	Kurzschlussfestigkeit beim Einschalten von Schaltgeräten	157
5.5.5.3	Kurzschlussfestigkeit beim Ausschalten von Schaltgeräten	157
5.5.5.4	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit von NS-Leistungsschaltern	158
5.5.5.5	NS-Schaltgerätekombinationen	161
5.5.6	Stromwandler	162
5.5.6.1	Thermische Kurzschlussfestigkeit	163
5.5.6.2	Mechanische Kurzschlussfestigkeit	163
5.5.7	Verteilungstransformatoren	164
5.5.7.1	Schutz bei Kurzschluss	164
5.5.7.2	Thermische Kurzschlussfestigkeit	164
5.5.7.3	Auswahl von Hochspannungs-Hochleistungssicherungen zum Kurzschlusschutz	166
5.5.8	Schutz durch kurzschluss- und erdschlusssicheres Verlegen	170
5.5.9	Schutz bei Kurzschluss in Hilfsstromkreisen	170
5.6	Gründe für den Verzicht auf Kurzschlusschutz	171
<b>6</b>	<b>Kurzschlusschutz durch Selektivität und Back-up-Schutz</b>	<b>172</b>
6.1	Selektivitätskriterien	172
6.2	Selektivität in Mittelspannungsnetzen	173
6.3	Selektivität in Niederspannungsnetzen	175
6.3.1	Anordnung und Auswahl von Schutzeinrichtungen	175
6.3.2	Selektivität bei Kombinationen von Schutzeinrichtungen	177
6.3.2.1	Schmelzsicherung – Schmelzsicherung	177
6.3.2.2	Leitungsschutzschalter – Leitungsschutzschalter	179
6.3.2.3	Schmelzsicherung – Leitungsschutzschalter	180
6.3.2.4	Leistungsschalter – Leistungsschalter	181
6.3.2.5	Leistungsschalter – Schmelzsicherung	184

6.3.2.6	Schmelzsicherung – Leistungsschalter	186
6.3.2.7	HH-Sicherung – NS-Leistungsschalter – NH-Sicherung	186
6.3.3	Kurzschlusschutz durch Back-up-Schutz	187
7	Kurzschlusschutz beim Anschluss von Gebäuden aus dem öffentlichen Niederspannungsnetz	191
7.1	Was muss überprüft werden?	191
7.2	Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz (TAB 2007)	191
8	Prüfung des Kurzschlusschutzes	194
9	Beispiele zum Nachweis des Kurzschlusschutzes einschließlich der Berechnung der dafür erforderlichen Kurzschlussströme	200
9.1	Netzbeispiel	200
9.2	Mittelspannungsringnetz und -schaltanlage	202
9.2.1	Kurzschlussströme für den Nachweis der Kurzschlussfestigkeit	202
9.2.1.1	Berechnung des maximalen Anfangskurzschlusswechselstromes	203
9.2.1.2	Stoßkurzschlussstrom in der Schaltanlage/Sammelschiene	205
9.2.1.3	Thermisch gleichwertiger Kurzschlussstrom	206
9.2.1.4	Sammelschienenkurzschluss	206
9.2.1.5	Ausschaltwechselstrom	207
9.2.2	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit	207
9.2.2.1	Kurzschlussfestigkeit der Schaltanlage	207
9.2.2.2	Kurzschlussfestigkeit der Leistungsschalter	208
9.2.2.3	Kurzschlussfestigkeit der Stromwandler	209
9.2.2.4	Kurzschlussfestigkeit des Kabels im Ringnetz	209
9.2.3	Berechnung der Ströme zur Festlegung der Einstellwerte der Überstromrelais	210
9.2.3.1	Minimaler Kurzschlussstrom im Ringnetz	210
9.2.3.2	Maximaler Betriebsstrom bei einseitiger Speisung	211
9.2.4	Kurzschlussleistungen in der Mittelspannungsschaltanlage der Station E	212
9.2.4.1	Berechnung der maximalen Kurzschlussleistung	212
9.2.4.2	Berechnung der minimalen Kurzschlussleistung	213
9.3	Niederspannungsschaltanlage, Verteilungen und Strahlennetz	214
9.3.1	Aufgabenstellung	214
9.3.2	Berechnung der Kurzschlussströme	216
9.3.2.1	Berechnung der Kurzschlussströme für die Niederspannungsverteilung und den Abzweig A	217
9.3.2.2	Berechnung der Kurzschlussgrößen	219
9.3.2.3	Kurzschlussanteile durch Eigenerzeuger oder Asynchronmotoren	226
9.3.3	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit	226
9.3.4	Überprüfung der Selektivität	229
Anhang		236
Fachbegriffe und Definitionen		236
Formelzeichen, Indizes und Nebenzeichen		244
Literatur-, Normen- und Quellenverzeichnis		247
Register		251
Online-Service – Inhalt und Hinweise		254