

# Inhalt

	<b>Zur Arbeit mit dem Buch</b>	12
<b>1</b>	<b>Für wen dieses Fachbuch geeignet ist</b>	13
<b>2</b>	<b>Wie wichtig ist der Schutz bei Kurzschluss für Planer, Errichter und Prüfer?</b>	14
<b>3</b>	<b>Der Kurzschluss in elektrischen Anlagen und Netzen</b>	16
3.1	Kurzschlussvorgang und Kurzschlussgrößen	16
3.1.1	Was ist unter dem Begriff „Kurzschluss“ zu verstehen?	16
3.1.2	Quellen für Kurzschlussströme	17
3.1.3	Kurzschlussarten	18
3.1.4	Zeitlicher Verlauf des Kurzschlussstromes	19
3.1.5	Generatornaher und generatorferner Kurzschluss	21
3.2	Kurzschlussströme im Mittelspannungs- und Niederspannungsnetz	22
3.2.1	Ermittlung der Kurzschlussströme: Notwendigkeit und Möglichkeiten	22
3.2.2	Angabe der Kurzschlussströme durch das EVU	22
3.2.3	Kurzschlussberechnungen nach DIN VDE 0102 – Methodik und Verfahren der Kurzschlussberechnung	23
3.2.4	Charakteristische Kurzschlussgrößen	28
3.2.5	Berechnung größerer und kleinster Kurzschlussströme	37
3.2.6	Merksätze zur Kurzschlussberechnung	38
3.3	Berechnung der Kurzschlussströme	39
3.3.1	Genauigkeit der Berechnungsergebnisse	39
3.3.2	Ermittlung der Kurzschlussimpedanz	39
3.3.2.1	Ermittlung der Kurzschlussimpedanz bis zur Fehlerstelle	40
3.3.2.2	Ermittlung der Kurzschlussimpedanz bei Netzeinspeisung	42
3.3.2.3	Kurzschlussimpedanz von Synchrongeneratoren	45
3.3.2.4	Kurzschlussimpedanz von Windkraftanlagen	49
3.3.2.5	Kurzschlussimpedanz von Transformatoren	49
3.3.2.6	Kurzschlussimpedanz von Leitungen und Kabeln	54
3.3.2.7	Kurzschlussimpedanz von Freileitungen	62

3.3.2.8	Kurzschlussimpedanz von Asynchronmotoren	63
3.3.2.9	Kurzschlussimpedanz von Begrenzungs-Drosselpulsen	66
3.3.2.10	Messung der Kurzschlussimpedanz	67
3.3.3	Kurzschlussströme von Erzeugern und Motoren	68
3.3.3.1	Synchrongeneratoren	68
3.3.3.2	Kurzschlussströme über Vollumrichter (Windkraftanlagen, Photovoltaikanlagen)	73
3.3.3.3	Berechnung der Kurzschlussströme durch Asynchronmotoren	74
3.3.3.4	Kurzschlussströme bei mehrseitiger Speisung	79
3.3.3.5	Kurzschlussströme bei Netzersatzbetrieb	80
3.3.3.6	Berechnung der Kurzschlussströme bei zusätzlichen Sicherheits- stromversorgungsanlagen (ZSV) für Krankenhäuser und Praxisräume	86
3.3.4	Kurzschlussströme in Netzen	91
3.3.4.1	Kurzschlussströme im Strahlennetz	91
3.3.4.2	Berechnung der Kurzschlussströme im Ringnetz bzw. bei mehrfacher Speisung	93
3.3.4.3	Berechnung der Kurzschlussströme im Maschennetz	96
<b>4</b>	<b>Einrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss</b>	<b>112</b>
4.1	Leitungsschutzsicherungen	112
4.2	Leitungsschutzschalter	122
4.3	Motorschutzschalter	128
4.4	Leistungsschalter mit Kurzschlussauslöser	130
<b>5</b>	<b>Schutz bei Kurzschluss durch Kurzschlussfestigkeit der elektrischen Anlagen</b>	<b>133</b>
5.1	Was bedeutet Kurzschlussfestigkeit?	133
5.2	Maßgebliche Kurzschlussarten und -ströme	133
5.3	Begrenzung der Höhe und Dauer der Kurzschlussströme	134
5.4	Bemessung der Betriebsmittel und Anlagen auf Kurzschluss- festigkeit	135
5.4.1	Bemessungskriterien	135
5.4.2	Bemessung auf mechanische Kurzschlussfestigkeit	136
5.4.3	Bemessung auf thermische Kurzschlussfestigkeit	137
5.4.4	Kurzschlussfestigkeit durch ausreichendes Schaltvermögen	137
5.5	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit von elektrischen Anlagen	138
5.5.1	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit von Betriebsmitteln	138
5.5.2	Schutz bei Kurzschluss von Kabeln und Leitungen	139
5.5.3	Stromschienensysteme	165

5.5.4	Erdungsleiter, Schutzleiter und Potentialausgleichsleiter	169
5.5.5	Schaltgeräte und -Schaltgerätekombinationen	171
5.5.6	Stromwandler	179
5.5.7	Verteilungstransformatoren	180
5.5.8	Schutz durch Kurzschluss- und erdschlusssicheres Verlegen	186
5.5.9	Schutz bei Kurzschluss in Hilfsstromkreisen	187
5.6	Gründe für den Verzicht auf den Schutz bei Kurzschluss	188
<b>6</b>	<b>Schutz bei Kurzschluss durch Selektivität und Back-up-Schutz</b>	<b>189</b>
6.1	Selektivitätskriterien	189
6.2	Selektivität in Mittelspannungsnetzen	190
6.3	Selektivität in Niederspannungsnetzen	191
6.3.1	Anordnung und Auswahl von Schutzeinrichtungen	192
6.3.2	Selektivität bei Kombinationen von Schutzeinrichtungen	193
6.3.3	Kurzschlusschutz durch Back-up-Schutz	204
<b>7</b>	<b>Schutz bei Kurzschluss beim Anschluss an das Niederspannungsnetz (TAB 2007)</b>	<b>207</b>
7.1	Was muss überprüft werden?	207
7.2	Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an das Niederspannungsnetz (TAB 2007)	207
<b>8</b>	<b>Prüfung des Schutzes bei Kurzschluss</b>	<b>210</b>
<b>9</b>	<b>Komplexes Beispiel zum Schutz bei Kurzschluss</b>	<b>216</b>
9.1	Netzbeispiel	216
9.2	Mittelspannungsringnetz und -schaltanlage	216
9.2.1	Kurzschlussströme für den Nachweis der Kurzschlussfestigkeit	216
9.2.1.1	Berechnung des größten Anfangskurzschlusswechselstromes	219
9.2.1.2	Stoßkurzschlussstrom in der Schaltanlage/Sammelschiene	221
9.2.1.3	Thermisch gleichwertiger Kurzschlussstrom	222
9.2.1.4	Sammelschienenenkurzschluss	222
9.2.1.5	Ausschaltwechselstrom	224
9.2.2	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit	224
9.2.2.1	Kurzschlussfestigkeit der Schaltanlage	224
9.2.2.2	Kurzschlussfestigkeit der Leistungsschalter	224
9.2.2.3	Kurzschlussfestigkeit der Stromwandler	225
9.2.2.4	Kurzschlussfestigkeit des Kabels im Ringnetz	225

9.2.3	Berechnung der Ströme zur Festlegung der Einstellwerte der Überstromrelais	226
9.2.3.1	Kleinster Kurzschlussstrom im Ringnetz	226
9.2.3.2	Größter Betriebsstrom bei einseitiger Speisung	228
9.2.4	Kurzschlussleistungen in der Mittelspannungsschaltanlage der Station E	229
9.3	Niederspannungsschaltanlage, Verteilungen und Strahlennetz	229
9.3.1	Aufgabenstellung	229
9.3.2	Berechnung der Kurzschlussströme	231
9.3.2.1	Ermittlung der Kurzschlussimpedanzen für den Abzweig A	232
9.3.2.2	Berechnung der Kurzschlussströme für die Niederspannungs- verteilung und den Abzweig A	235
9.3.3	Kurzschlussanteile durch Eigenerzeuger oder Asynchronmotoren	243
9.3.4	Nachweis der Kurzschlussfestigkeit	243
9.3.5	Überprüfung der Selektivität	249
9.3.6	Kurzschlussberechnungen und Nachweise mit INSTROM	256
<b>Anhang</b>		
	Fachbegriffe und Definitionen	261
	Formelzeichen, Indizes und Nebenzeichen	269
<b>Literatur-, Normen- und Quellenverzeichnis</b>		<b>272</b>
<b>Register</b>		<b>278</b>