Karl-Heinz Kny

Schutz bei Kurzschluss in elektrischen Anlagen

Planen, Errichten und Prüfen

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

HUSS-MEDIEN GmbH • 10400 Berlin huss

Inhaltsverzeichnis

Zur Arbeit mit dem Buch	~	10
1	Für wen dieses Fachbuch geeignet ist	11
2	Wie wichtig ist der Kurzschlussschutz für Planer, Errichter und Prüfer?	12
3	Der Kurzschluss in elektrischen Anlagen und Netzen	14
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 Sicherheits-stromversorgungsanlagen (ZSV) für Krankenhäuser und Praxisräume	88
4	Kurzschlussschutzeinrichtungen	93
4.1	Leitungsschutzsicherungen	93
4.2	Leitungsschutzschalter	103
4.3	Motorschutzschalter	108
4.4	Leistungsschalter mit Kurzschlussauslöser	110

5 Schutz bei Kurzschluss durch Kurzschlussfestigkeit der elektrischen Anlagen 113
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 Kurzschlussschutz 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 r_k = 0,1 bis 5 s) 123
5.5.2.5 Schutz bei hohen Kurzschlussströmen (Kurzschlussdauer r_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 Schaltgerätestellung 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 Kurzschlussschutz 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 Kurzschlussschutz **171**

6 Kurzschlussschutz durch Selektivität und Back-up-Schutz 172
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 Kurzschlussschutz durch Back-up-Schutz 187

7 Kurzschlussschutz 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 Kurzschlussschutzes 194

9 Beispiele zum Nachweis des Kurzschlussschutzes 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