
Peter Bryner • Josef Schmucki

Sicherheit in elektrischen Anlagen

Electrosuisse • Fehraltorf
AZ Fachverlage AG • Aarau

Vorwort	9
Wirkungen des elektrischen Stromes	11
Erkenntnisse über die Wirkungen	11
Körperimpedanzen von Menschen	13
Körperimpedanzen von Nutztieren (Rind)	15
Einflüsse auf das Herz	16
Sonstige Wirkungen von Wechselstrom 50/60 Hz auf den Menschen	20
Wirkungen von Blitzströmen	22
Unfälle mit elektrischem Strom	25
Wichtige Erkenntnisse	25
Unfallstatistiken Schweiz - Schweden	25
Hoch- und Niederspannungsunfälle	27
Tödliche und nicht tödliche Unfälle	27
Berufsunfälle	28
Saisonale Unfallhäufigkeit	29
Einfluss von Stromweg und Umgebung	30
Rechtliche Grundlagen	33
Gesetze und Verordnungen	33
Bundesgesetz betreffend die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen (Elektrizitätsgesetz, EleG)	33
Verordnung über elektrische Schwachstromanlagen (Schwachstromverordnung) (734.1)	34
Verordnung über elektrische Starkstromanlagen (Starkstromverordnung) (734.2)	34
Verordnung über das Eidgenössische Starkstrominspektorat (EStI) (734.24)	35
Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für elektrische Anlagen (VPeA) (734.25)	37
Verordnung über elektrische Niederspannungserzeugnisse (NEV) (734.26)	37
Verordnung über elektrische Niederspannungsinstallationen (Niederspannungs-Installationsverordnung, NIV) (734.27)	38
Verordnung des UVEK über elektrische Niederspannungsinstallationen (734.272.3) (NIVV)	39
Verordnung über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV) (734.31)	39
Verordnung über die elektromagnetische Verträglichkeit (VEMV) (734.5)	40
Verordnung über Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (VGSEB) (734.6)	41
Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) (814.710)	42
Matrix über Verordnungsinhalte	46
Sicherheit	47
Störungen / Störschutz	47
Brandschutz	48
Wärmestau und Brandschutz	48
Brandschutzanlagen	48
Landschafts- und Umweltschutz	48
Schutzmassnahmen	49
Erdung und Potenzialausgleich	50
Arbeitssicherheit	51
Unfallverhütung	51
Hilfeleistungen bei Unfällen	52

Kontrollen	52
Provisorische Anlagen	53
Stromversorgungssysteme	55
Stromproduzenten, Netzgesellschaften, regionale Elektrizitätswerke, Netzbetreiberinnen	55
Spannungsebenen	57
Höchstspannungsnetz	57
Hochspannungsnetz (Regionalverteilung)	57
Mittelspannungsnetz	53
Niederspannungsnetz	53
TN-System	60
TT-System	61
IT-System	62
Schutzmassnahmen	65
Das Prinzip der dreifachen Sicherheit	65
Basisschutz / Schutz gegen direktes Berühren	65
Fehlerschutz / Schutz bei indirektem Berühren	67
Zusatzschutz / Schutz gegen direktes Berühren und bei indirektem Berühren	68
Massnahmen für den Basisschutz	69
Berührungsschutz	69
Schutz durch Hindernis oder Abstand	71
IP Schutzarten	72
Fehlerschutz	74
Schutzmassnahmen, welche einen Schutzleiter erfordern	75
Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung	75
Vom TT zum TN-System	76
Automatische Abschaltung im TT-System	77
Automatische Abschaltung im TN-System	77
Der PEN-Leiter	78
Vermaschung von vielen Erdern	78
Die Vorteile des TN-Systems	79
Fehlervoltage	80
Die Berührungsspannung	81
Abschaltzeiten im Verteilnetz	83
Potenzialausgleich	85
Aufgabe, Wesen und Arten des Potenzialausgleichs	85
Hauptpotenzialausgleich	87
Zusätzlicher Potenzialausgleich	88
Was muss in den Potenzialausgleich einbezogen werden?	89
Erder	93
Was ist eine Erdung?	93
Zweck der Erdung	93
Auswahl von Erdungsanlagen	93
Elektrochemische Einflüsse	94
Arten von Erdern	97
Ausbreitungswiderstände im Erdreich	97
Fundamenterder	99
Künstlich verlegte Erder	101
Ringerder und Banderder	102

Tiefenerder	102
Erdung im dicht besiedelten Gebiet	102
Erderspannungen / Schrittspannungen	103
Die Erdungsleitung	104
Fehlerstromschutzeinrichtungen	105
Rückblick	105
Einführung	105
Gefahren und Unfallvermeidung	105
Schutzphilosophie	105
Funktion der Fehlerstromschutzschaltung	106
Gefahrensituationen	107
Gefahr durch Berührung	108
Indirekte Berührung	108
Direkte Berührung	109
Auswahl und Anordnung von Fehlerschutzeinrichtungen	110
Fehlerstromschutzeinrichtungen vor Überlast und Kurzschluss schützen	110
Anordnung von Fehlerstromschutzeinrichtungen	111
Bauarten von Fehlerstromschutzeinrichtungen	112
«Nachteile» - unerwünschte Auslösungen	112
Kurzschlüsse	112
Erdschlüsse	112
Blitzschläge und atmosphärische Überspannungen	113
Magnetische Einflüsse	113
Kapazitive Ableitströme von Leitungen	113
Kapazitive Ableitströme von Heizleitungen	115
Kapazitive Ableitströme von Folienbodenheizungen	115
Zulässige Ableitströme bei fehlerfreien Betriebs- und Verbrauchsmittel	115
Anwendungsbeispiele für immunisierte Fehlerstromschutzeinrichtungen	117
Auslösung durch Installationsfehler	117
Zulässige Erdungswiderstände	117
Fehlerschutz ohne Schutzleiter	119
Betriebsmittel der Schutzklasse II	119
Anwendung	120
Nicht leitende Räume	121
Erdfreier örtlicher Potenzialausgleich	121
Schutztrennung	121
SELVundPELV Kleinspannung	122
Das Prinzip	122
Stromquellen	125
Schutz gegen direktes Berühren	126
Typische Anwendungsbeispiele	126
Steckvorrichtungen	127
Die Schutzklassen	129
Einteilung elektrischer Betriebsmittel nach Schutzklassen	129
Schutzklasse 0	129
Schutzklasse I	130
Schutzklasse II	130
Schutzklasse III	131
Überstromunterbrecher	133
Aufgaben der Überstromunterbrecher	133
Anforderungen an den Leitungsschutz	134

Schmelzeinsätze	135
Kurzzeichen von Schmelzeinsätzen	136
Aufbau und Funktion	137
Verhalten im Kurzschlussfall	138
Charakteristiken	138
Nachteile	139
Leitungsschutzschalter	140
Aufbau und Funktion	140
Die Vorteile	141
Einteilung der Leitungsschutzschalter	142
Einsatz von Leitungsschutzschaltern	144
Verhalten im Kurzschlussfall	145
Motorschutzschalter	147
Motorschutz für spezielle Anwendungen	148
Überlast- und Kurzschluss	149
«Eigensichere» Motorstarter	149
Selektivität 1	50
Vollständige Selektivität	150
Teilselektivität	151
Selektivitätsbereiche	151
Überlastbereich	151
Stromselektivität	152
Kurzschlussbereich	152
Zeitselektivität	153
Verwendung von strombegrenzenden Leistungsschaltern und «Pseudo-Zeitselektivität»	153
Logische Selektivität	154
Verschiedene Anordnungen von Überstromunterbrechern	154
Provisorische Anlagen	159
Umgebungsbedingungen	159
Baustromverteiler	160
Fehlerstromschutzeinrichtungen	160
Steckvorrichtungen	160
Leitungen	160
Krananlagen	161
Kontrolle	161
Brandschutz	163
Brandverhütung	163
Kosten von Brandschäden	164
Brandursachen	166
Technische Defekte	167
Isolationsfehler	168
Der satte (vollkommene) Kurz- oder Erdschluss	170
Störlichtbogen	170
Neutralleiterunterbrüche	171
Einpolige Kurzschlüsse und Körperschlüsse Im TN-System	171
Oberschwingungen	172
Gefahren durch Beleuchtungsanlagen	172
Blitzschutzmassnahmen	175
Blitzströme	175
Aufbau des Blitzschutzes	179

Äusserer Blitzschutz	181
Ausführung von äusseren Blitzschutzanlage	181
Ableitungen	184
Erdung	186
Innerer Blitzschutz	187
Potenzialausgleich	188
Gebäudeinterne Leiter	188
Minimalabstand (Näherung)	189
Elektrische Installationen	189
Überspannungsschutz	191
Prüfen, Erproben, Messen	193
Die Erstprüfung	193
Prüfen umfasst Besichtigen, Erproben und Messen	193
Die Sichtprüfung	194
Erproben	195
Messen	196
Die Isolationsmessung R _{iso}	199
Warum mit Gleichspannung messen?	199
Welche Isolationsmessungen sind durchzuführen?	200
Vorgehensweise	200
Kapazitive Aufladung	201
Die Niederohmmessung R _«	201
Vorteile der Niederohmmessung	202
Anforderungen an die Niederohmmessung	202
Die Schleifenimpedanzmessung Z _S	203
Bedeutung der Schleifenwiderstandsmessung	203
Welche Messung ist durchzuführen	204
Welche Messfehler dürfen auftreten?	204
Die Netzzinnenwiderstandsmessung R _i	205
Warum die Netzzinnenwiderstandsmessung?	206
Messungen zur Prüfung von Fehlerstromschutzeinrichtungen	206
Welche Prüfungen sind durchzuführen?	207
Welche zusätzlichen Messungen bieten Schutzmassnahmen-Prüfgeräte?	207
Erdungsmessung	209
Das Prinzip der Erdungsmessung	210
Erdungsmessungen ohne Hilfsleiter bzw. ohne Sonde	212
Erdungsmessung nach dem Kompensations-Messverfahren	214
Erdungsmessung nach Strom-Spannungsmessverfahren	215
Messung des spezifischen Erdwiderstandes	216
Die Erder-Schleifenwiderstandsmessung	217
Prüfen der Drehfeldrichtung	217
Elektrische und elektromagnetische Strahlung	219
Das elektromagnetische Spektrum	219
Anlagen der Stromversorgung	220
Eigenschaften elektrischer und magnetischer Felder	220
Hochspannungsleitungen	221
Transformatorstationen	223
Niederspannungsleitungen	223
Magnetfeld in der Umgebung einer Hochspannungsleitung	224

Gesundheitliche Auswirkungen von niederfrequenter Strahlung	224
Unterscheidung zwischen Reizwirkungen und unterschwelligem Wirkungen	224
Indirekte Wahrnehmung elektrischer und magnetischer Felder	225
Reizwirkungen: Fehlgesteuerte Nerven- und Muskelzellen	225
Unterschwellige Wirkungen: Beeinflussungen des Verhaltens, der Lernfähigkeit, des Hormonsystems, des Zellstoffwechsels	226
Grenzwerte	227
Immissionsgrenzwerte	227
Anlagegrenzwert	227
Eisenbahn-Fahrleitungen	228
Immissionsgrenzwerte	228
Anlagegrenzwert	228
Vermeiden oder Reduzieren von elektromagnetischen Störungen in Gebäuden	229
Sicherheitskonzept	231
Einleitung	231
Anlagesicherheit	233
Betriebssicherheit	235
Arbeitsicherheit	236
Gesetzliche Grundlagen	236
Rechte und Pflichten aus UVG und VUV	237
Arbeitgeberpflichten	237
Arbeitnehmerpflichten	237
Mensch, Technik, Umfeld	238
Mensch	238
Technik	238
Umfeld	238
Sicheres Arbeiten	239
Aussagen aus der Starkstromverordnung und aus der EN 50110 Betrieb von Starkstromanlagen	239
Begriffsbestimmungen	239
Arbeitsvorbereitung	241
Arbeitsmethoden	242
Tätigkeiten an oder in der Nähe von elektrischen Anlagen	246
Verhalten bei Elektrounfällen	247
Vorgehensweise	247
Bergen von Verunfallten	248
Bergen aus dem Niederspannungsbereich	248
Bergen aus dem Hochspannungsbereich	249
Epilog	251
Adressverzeichnis	253
Stichwortverzeichnis	255