

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	13
0 Einleitung.....	14
0.1 Allgemeines.....	14
0.2 Hinweise zur Struktur der vorliegenden Norm.....	14
1 Anwendungsbereich.....	16
2 Normative Verweisungen.....	16
3 Begriffe und Abkürzungen.....	17
3.1 Begriffe.....	17
3.2 Liste der Formelzeichen und Abkürzungen, die in der vorliegenden Norm verwendet werden.....	31
4 Risikoanalyse.....	33
5 Niederspannungsverteilungsnetze und zu schützende Betriebsmittel.....	34
5.1 Niederspannungsverteilungsnetze.....	34
5.1.1 Blitzüberspannungen und Stoßströme.....	34
5.1.2 Schaltüberspannungen.....	35
5.1.3 Zeitweilige Überspannungen U_{TOV}	36
5.2 Eigenschaften der zu schützenden Betriebsmittel.....	37
6 Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....	37
6.1 Grundfunktionen von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....	37
6.2 Weitere Anforderungen.....	38
6.3 Einteilung von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....	38
6.3.1 Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) – Einteilung.....	38
6.3.2 Typischer Aufbau und Topologien.....	39
6.4 Eigenschaften von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....	40
6.4.1 Betriebsbedingungen nach IEC 61643-11.....	40
6.4.2 Liste von Parametern zur Auswahl von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....	41
6.5 Weitere Informationen über Eigenschaften von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....	42
6.5.1 Informationen über netzfrequente Spannungen.....	42
6.5.2 Informationen über Stoßströme.....	43
6.5.3 Informationen über den Spannungsschutzpegel von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....	45
6.5.4 Informationen über Ausfallarten von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....	47
6.5.5 Informationen über die Kurzschlussfestigkeit.....	47
6.5.6 Informationen über den Laststrom I_L und den Spannungsabfall (bei Two-Port-Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) oder One-Port-Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) mit getrennten Eingangs- und Ausgangsanschlussklemmen).....	48

	Seite
6.5.7 Informationen über die Änderung von Eigenschaften von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....	48
7 Anwendung von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bei Niederspannungsverteilungsnetzen.....	48
7.1 Auswahl von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	49
7.1.1 Überlegungen zum Installationsort von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) in Abhängigkeit von den Prüfklassen.....	49
7.1.2 Schutzpfade und Installation von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	49
7.1.3 Notwendigkeit eines zusätzlichen Schutzes	52
7.2 Auswahl von Eigenschaften von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	58
7.2.1 Auswahl von U_C , U_T , I_n , I_{imp} , I_{max} und U_{OC} der Überspannungsschutzeinrichtung (SPD)	59
7.2.2 Schutzabstand	66
7.2.3 Voraussichtliche Lebensdauer und Ausfallart.....	67
7.2.4 Wechselwirkung zwischen Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) und anderen Geräten	67
7.2.5 Auswahl des Spannungsschutzpegels U_p	69
7.2.6 Koordination zwischen der ausgewählten Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) und anderen Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	69
7.3 Eigenschaften von Hilfseinrichtungen.....	72
7.3.1 Trennschalter	72
7.3.2 Ereigniszähler	72
7.3.3 Statusanzeige	73
Anhang A (informativ) In Anfragen und Angeboten angegebene typische Informationen und Erläuterung von Prüfverfahren	74
A.1 In Anfragen angegebene Informationen	74
A.1.1 Systemdaten	74
A.1.2 Überlegungen zur Anwendung von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....	74
A.1.3 Eigenschaften der Überspannungsschutzeinrichtung (SPD).....	75
A.1.4 Weitere Betriebsmittel und Ausrüstungen.....	75
A.1.5 Spezielle abweichende Betriebsbedingungen	76
A.2 Erläuterung der in IEC 61643-11 verwendeten Prüfverfahren.....	76
A.2.1 Allgemeine Grundsätze.....	76
A.2.2 Beschreibung der Prüfabläufe und Prüfungen.....	76
A.2.2.1 Prüfablauf 1	76
A.2.2.2 Prüfablauf 2	80
A.2.2.3 Prüfablauf 3	81
A.2.2.4 Prüfablauf 4	82
A.2.2.5 Prüfablauf 5	83
A.2.2.6 Prüfablauf 6	84

	Seite
A.2.2.7 Prüfablauf 7 – nur Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD), die für den Einsatz im Freien vorgesehen sind – Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD), die für den Einsatz im Freien klassifiziert sind (7.5.2/8.6.2).....	84
Anhang B (informativ) Beispiele der Beziehung zwischen U_c und der bei einigen Systemen verwendeten Nennspannung und Beispiel der Beziehung zwischen U_p und U_c bei Metalloxidvaristoren (MOV).....	85
B.1 Beziehung zwischen U_c und der Nennspannung des Systems.....	85
B.2 Beziehung zwischen U_p und U_c bei Metalloxidvaristoren (MOV).....	86
Anhang C (informativ) Umgebung – Stoßspannungen in Niederspannungssystemen.....	87
C.1 Allgemeines.....	87
C.2 Blitzüberspannungen.....	87
C.2.1 Von der Mittelspannungsanlage in die Niederspannungsanlage übertragene Stoßwellen.....	88
C.2.2 Überspannungen, verursacht durch direkte Blitzeinwirkung auf Niederspannungsverteilungsnetze.....	88
C.2.3 Induzierte Überspannungen in Niederspannungsverteilungsnetzen.....	89
C.2.4 Überspannungen, verursacht durch Blitzeinwirkungen auf Blitzschutzsysteme oder einen Bereich in unmittelbarer Nähe.....	89
C.3 Schaltüberspannungen.....	90
C.3.1 Allgemeine Beschreibung.....	91
C.3.2 Leistungsschalter und Schaltvorgänge.....	91
C.3.2.1 Leistungsschalter und Schaltvorgänge in der baulichen Anlage des Kunden.....	91
C.3.2.2 Leistungsschalter und Schaltvorgänge im Versorgungssystem (Niederspannung und Hochspannung).....	92
C.3.3 Ansprechen von Sicherungen (strombegrenzende Sicherungen).....	92
Anhang D (informativ) Berechnung von Blitzteilströmen.....	93
Anhang E (informativ) Zeitweilige Überspannung in der Niederspannungsanlage aufgrund von Fehlern zwischen der Hochspannungsanlage und Erde.....	96
E.1 Einleitung – Allgemeines.....	96
E.2 Verweisungen.....	97
E.3 Formelzeichen.....	97
E.4 Überspannungen in Niederspannungssystemen während eines Hochspannungserdfehlers.....	98
E.5 Beispiel eines TT-Systems – Berechnung der möglichen zeitweiligen Überspannungen.....	100
E.5.1 Mögliche Beanspruchungen von Betriebsmitteln in Niederspannungsanlagen aufgrund von Fehlern in einem Hochspannungssystem.....	100
E.5.2 Eigenschaften des Hochspannungssystems.....	101
E.5.3 Hochspannungssystem mit begrenztem Erdstrom.....	101
E.5.4 Hochspannungssysteme mit niederohmig geerdetem Neutralleiter.....	101
E.6 Netzfrequente zeitweilige Überspannungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Niederspannungssystemen und unterschiedlichen Arten von Erdungskonfigurationen.....	102
E.6.1 Schlussfolgerungen – ungünstigster Belastungsstrom für das Verhalten von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bei Hochspannung und zeitweiligen Überspannungen.....	103

	Seite	
E.6.2	Schlussfolgerungen – Stromquelle zur Prüfung des ungünstigsten Falles des Verhaltens von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bei Hochspannung und zeitweiliger Überspannung, wenn die Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) zwischen N-PE und/oder L-PE mit Erde verbunden ist:	104
E.6.3	Beispiele unterschiedlicher Niederspannungssysteme und deren möglicher Erdungskonfigurationen	105
E.7	Werte der zeitweiligen Überspannungen beim US-amerikanischen TN C-System	109
E.8	Werte zeitweiliger Überspannungen, die in IEC 61643-11 angegeben sind, mit Erläuterungen	110
E.8.1	Werte der zeitweiligen Überspannungen bei US-amerikanischen Systemen	112
E.8.2	Werte der zeitweilige Überspannungen bei japanischen Systemen	115
Anhang F (informativ) Regeln und Grundsätze für die Koordination		123
F.1	Allgemeines	123
F.2	Energiekoordination	123
F.2.1	Analyse – einfacher Fall der Koordination von zwei Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) auf der Grundlage von Metalloxidvaristoren (MOV)	124
F.2.1.1	Allgemeines	124
F.2.1.2	Schlussfolgerungen	126
F.2.2	Analyse – Koordinationsfall zwischen einer auf Funkenstrecken beruhenden Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) und einer auf Metalloxidvaristoren (MOV) beruhenden Überspannungsschutzeinrichtung (SPD)	127
F.2.2.1	Allgemeines	127
F.2.2.2	Beispiel der Berechnung der geschätzten Werte, die als Entkopplungsinduktivität zwischen einer Funkenstrecke und einem Varistor benötigt werden	127
F.2.2.3	Schlussfolgerungen	129
F.2.3	Analyse – allgemeine Koordination zweier Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	130
F.2.4	Durchlassenergiemethode	130
F.2.4.1	Allgemeines	130
F.2.4.2	Methode	131
F.3	Koordinationsprüfungen – Koordination des Energie- und Spannungsschutzes	133
F.3.1	Einleitung	133
F.3.2	Koordinationskriterien	133
F.3.3	Koordinationsmethoden	134
F.3.4	Prüfprotokoll	134
F.3.4.1	Allgemeines	134
F.3.4.2	Prüfeinstellungen	135
F.3.4.3	Bewertungskriterien	137
Anhang G (informativ) Anwendungsbeispiele		138
G.1	Anwendungen im Wohnbereich	138
G.2	Anwendung in der Industrie	140
G.3	Vorhandenes Blitzschutzsystem	145
G.4	Vorhandene Energieumwandlung	146

	Seite	
G.4.1	Transiente Überspannung bei der DFIG-Umrichterschaltung.....	146
G.4.3	Spannungskoordination zwischen Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) und Betriebsmitteln bei Windenergieanlagen.....	149
G.4.4	Vergleich zwischen den Eigenschaften der Windenergieanlage und des Niederspannungsverteilungsnetzes	150
G.4.5	Mögliche Lösungen	151
Anhang H (informativ) Beispielhafte Methoden und Anwendungen von Risikoanalysen.....		152
H.1	Vorschlag für eine vereinfachte Methode zur Bewertung des Risikos bei Niederspannungsanlagen nach Beschreibung in IEC 60364-4-44	152
H.1.1	Überspannungsüberwachung	152
H.1.2	Vereinfachte Methode zur Risikobewertung.....	152
H.1.3	Beispiel 1 – Gebäude in ländlicher Umgebung	154
H.1.4	Beispiel 2 – Gebäude in ländlicher Umgebung mit Hochspannungseinspeisung.....	154
H.1.5	Beispiel 3 – Gebäude in städtischer Umgebung	155
H.1.6	Beispiel 4 – Gebäude in städtischer Umgebung mit Hochspannungseinspeisung.....	155
H.1.7	Beispiel 5 – Elektrofahrzeug-Ladeeinrichtung.....	155
H.1.8	Beispiel 5 – Chemieanlage.....	156
H.2	Vorgeschlagene Methodik zur Ermittlung des Bedarfs an Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) auf betriebswirtschaftlicher Grundlage	158
H.2.1	Gruppe A – Umgebung.....	158
H.2.2	Gruppe B – Betriebsmittel und Einrichtungen	159
H.2.3	Gruppe C – Wirtschaftlichkeit und Unterbrechung von Versorgungsdiensten.....	160
H.2.4	Gruppe D – Sicherheit.....	160
H.2.5	Gruppe E – Kosten des Schutzes	161
Anhang I (informativ) Beanspruchungen von Systemen		162
I.1	Blitzüberspannungen und -ströme (4.1.1).....	162
I.1.1	Gesichtspunkte im Zusammenhang mit der Notwendigkeit des Einsatzes einer Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) bei einem Stromverteilungsnetz	162
I.1.1.1	Blitzaktivität.....	162
I.1.1.2	Gefährdung der Anlage	162
I.1.2	Aufteilung des Stoßstroms innerhalb eines Bauwerks.....	162
I.2	Schaltüberspannungen (4.1.2).....	164
I.3	Zeitweilige Überspannungen U_{TOV} (4.1.3).....	164
Anhang J (informativ) Kriterien für die Auswahl von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....		166
J.1	Eigenschaft der zeitweiligen Überspannung U_T (5.5.1.2)	166
J.2	Ausfallarten von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) (5.5.4).....	166
Anhang K (informativ) Anwendung von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)		169
K.1	Standort und durch die Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bereitgestellter Schutz (6.1)	169
K.1.1	Mögliche Schutzpfade und Installationsarten (6.1.1)	169
K.1.2	Einfluss von Schwingungserscheinungen auf den Schutzabstand d (6.1.2)	177

	Seite
K.1.3	Schutzzonenkonzept (6.1.6) 178
K.2	Auswahl von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) 180
K.2.1	Auswahl von U_c (6.2.1) 180
K.2.2	Koordinationsprobleme (6.2.6.2)..... 181
K.2.3	Praktische Anwendungsfälle (6.2.6.3) 183
K.3	Einfache Berechnung von I_{imp} einer Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) nach Klasse I bei einem durch ein Blitzschutzsystem geschützten Gebäude..... 183
Anhang L (informativ)	Störfestigkeit und Nenn-Impulsspannungsfestigkeit..... 188
Anhang M (informativ)	Beispiele von installierten Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) in Stromverteilungen einiger Länder..... 194
Anhang N (informativ)	Koordination bei Betriebsmitteln mit Signal- und Stromversorgungsanschlüssen..... 199
Anhang O (informativ)	Kurzschluss-Backup-Schutz und Stoßstromfestigkeit 206
O.1	Einleitung..... 206
O.2	Informationen zur Stoßstromfestigkeit von Schmelzsicherungen bei der einmaligen Belastung mit 8/20- und 10/350-Impulsströmen 206
O.3	Einflussfaktoren auf die Stoßstromfestigkeit der Sicherung (Verringerung) bei der Konditionierungs- und der Arbeitsprüfung 207
O.4	Ausgewählte Beispiele für die Abschätzung verschiedener Einflussfaktoren zur Verringerung der Stoßstromfestigkeit von Sicherungen bei einmaliger Stoßstrombelastung 208
O.5	Verhalten externer Trennschalter..... 209
O.6	Weitere Prüfwerte für Trennschalter für Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD), die in einigen Ländern verwendet werden..... 209
Anhang P (informativ)	Methoden zur Störfestigkeitsprüfung auf Systemebene unter Einwirkung von Blitzentladungsströmen..... 212
P.1	Prüfung des Entladungsstroms bei Normalbetrieb: 212
P.2	Prüfung der Induktion infolge von Blitzströmen: 212
P.3	Empfohlene Einteilung der Prüfungen der Störfestigkeit auf Systemebene (nach IEC 61000-4-5):..... 212
Anhang Q (informativ)	Prüfung von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) mit mehreren Komponenten 215
Q.1	Beispiel einer Reihenschaltung aus mehreren Funkenstrecken mit ohmscher/kapazitiver Steuerung der Auslösung..... 215
Q.2	Beispiel einer Reihenschaltung von Funkenstrecken mit kapazitiver Steuerung der Auslösung und einer parallelgeschalteten Reihenschaltung aus Gasentladungsableiter und Metalloxidvaristor(en)..... 216
Q.3	Beispiel eines Gasentladungsableiters mit drei Elektroden und Umgebung bzw. Steuerung der Auslösung über Metalloxidvaristoren..... 217
Q.4	Beispiel einer Funkenstrecke mit vier Elektroden mit Gasentladungsableitern und Steuerung der Auslösung über Metalloxidvaristoren..... 218
Q.5	Beispiel eines Gasentladungsableiters mit parallelgeschalteter Reihenschaltung aus Gasentladungsableitung und Metalloxidvaristor 218
Q.6	Beispiel einer Funkenstrecke mit drei Elektroden mit Auslösetransformator..... 219
Anhang R (informativ)	Zeitweilige Überspannungen bei IT-Systemen 220

	Seite
R.1 Einleitung – Allgemeines	220
R.2 Formelzeichen in diesem Anhang	221
R.3 Überspannungen in Niederspannungssystemen während eines Hochspannungserdfehlers	221
R.4 Ungünstigster Belastungsstrom für das Verhalten von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bei Hochspannung und zeitweiligen Überspannungen	224
R.5 Ungünstigster Belastungsstrom für das Verhalten von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bei Hochspannung und zeitweiligen Überspannungen	224
Literaturhinweise	225
Bilder	
Bild 1 – Beispiele von One-Port-Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	22
Bild 2 – Beispiele von Two-Port-Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	23
Bild 3 – Ausgangsspannungsantwort einer One-Port- und Two-Port-Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) auf einen Hybridimpuls	25
Bild 5 – Beispiele für Komponenten und Kombinationen von Komponenten	40
Bild 7 – Typische Kurve U_{res} in Abhängigkeit von I eines Metalloxidvaristors (MOV)	45
Bild 8 – Typische Kurve einer Funkenstrecke	46
Bild 9 – Flussdiagramm zur Anwendung von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	49
Bild 10 – Anschlussart 1 (CT 1)	50
Bild 11 – Anschlussart 2 (CT 2)	51
Bild 12 – Einfluss der Längen von Anschlussleitungen von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	55
Bild 13 – Beispiel für die Notwendigkeit einer zweiten Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) bei Anschlussleitungen von weniger als 50 cm Länge	57
Bild 14 – Flussdiagramm zur Auswahl einer Überspannungsschutzeinrichtung (SPD)	59
Bild 15 – U_T und U_{TOV}	61
Bild 16 – Anordnung von Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) und externem Trennschalter zur Aufrechterhaltung der Stetigkeit der Stromversorgung	64
Bild 17 – Anordnung von Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) und externem Trennschalter zur Aufrechterhaltung der Stetigkeit des Schutzes	65
Bild 18 – Selektivität zwischen Überstromschutzeinrichtung und Trennschalter bei einem Kurzschluss	66
Bild 16 – Typische Anwendung von zwei Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) – Stromlaufplan	70
Bild A.1 – Zeitdiagramm der Prüfung mit den ersten 15 Impulsen	78
Bild A.2 – Zeitdiagramm der Prüfung mit den zusätzlichen 5 Impulsen	78
Bild A.3 – Prüfaufbau zur Arbeitsprüfung	79
Bild D.1 – Einfache Berechnung der Summe der Blitzteilströme, die in das Stromverteilungsnetz fließen	93
Bild E.1 – Typisches Schema möglicher Verbindungen zur Erde bei Umspannstationen und Niederspannungsanlagen sowie Überspannungen infolge von Fehlern	99
Bild E.2 – Beispiel eines TT-Systems mit einer Kombination aus Erdung der Umspannstation R_E und Niederspannungs-Mittelpunkterdung (geerdeter Neutralleiter) R_B	100
Bilder E.3a und E.3b – TN-System (IEC 60364-4-442, Bild 44B)	105

	Seite
Bilder E.4a und E.4b – TT-System (IEC 60364-4-442, Bild 44C)	106
Bild E.5 – IT-System, Beispiel a (IEC 60364-4-442, Bild 44D)	107
Bild E.6 – IT-System, Beispiel b (IEC 60364-4-442, Bild 44F)	108
Bild E.7 – IT-System, Beispiel c1 (IEC 60364-4-442, Bild 44E)	109
Bild E.12 – Eigenschaften US-amerikanischer Systeme in Bezug auf zeitweilige Überspannungen	113
Bild E.13 – Eigenschaften US-amerikanischer Systeme in Bezug auf zeitweilige Überspannungen	114
Bild E.14 – Werte der zeitweiligen Überspannung nach UL, die zur Prüfung von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bei US-amerikanischen Systemen verwendet werden	115
Bild E.13 – Beispiel eines Einphasen-Dreileitersystems mit 100 V/200 V und eines Dreiphasen- Dreiecksystems mit 200 V, geerdetem Eckpunkt und gemeinsamer Erde	119
Bild E.14 – Typische Einphasen-Dreileiter-Stromversorgungsnetze in Japan	120
Bild E.16 – Aufbau des Stromversorgungssystems	121
Bild E.17 – Eigenschaften japanischer Systeme in Bezug auf zeitweilige Überspannungen	122
Bild F.1 – Zwei Metalloxidvaristoren (MOV) mit demselben Nennableitstoßstrom	124
Bild F.2 – Zwei Metalloxidvaristoren (MOV) mit unterschiedlichen Nennableitstoßströmen	126
Bild F.3 – Beispiel einer Koordination zwischen einer auf Funkenstrecken beruhenden Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) und einer auf Metalloxidvaristoren (MOV) beruhenden Überspannungsschutzeinrichtung (SPD)	129
Bild F.4 – LTE – Koordinationsmethode mit Standard-Impulsparametern	130
Bild J.1 – Anordnung von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bei der Koordinationsprüfung	135
Bild G.1 – Anlage im Wohnbereich	140
Bild G.2 – Anlage im Industriebereich	143
Bild G.3 – Stromkreise der Anlage im Industriebereich	144
Bild G.4 – Beispiel für ein Blitzschutzsystem	146
Bild G.5 – Aufbau der DFIG-Windturbine	147
Bild G.6 – Pulsweitenmodulierte Spannung zwischen dem Generator und dem Umrichter im Rotorstromkreis	147
Bild G.7 – Einbauorte von Umrichter und Generator	148
Bild G.8 – Spannungswellenform zwischen Phase und PE eines im Labor geprüften Umrichters	149
Bild H.1 – Vereinfachte Methode zur Risikobewertung	153
Bild I.1 – Beispiel der Aufteilung des Blitzstroms in äußere Versorgungsleitungen (TT-System)	164
Bild J.1 – Typische U_T -Kurve einer Überspannungsschutzeinrichtung (SPD)	166
Bild J.2 – Interner Trennschalter bei einer Two-Port-Überspannungsschutzeinrichtung (SPD)	167
Bild J.3 – Einsatz parallelgeschalteter Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	167
Bild K.1 – Installation von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bei TN-Systemen	170
Bild K.2a – Anschlussart 1	171
Bild K.2b – Anschlussart 2	172
Bild K.2 – Installation von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bei TT-Systemen (Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) nach der Fehlerstromschutzeinrichtung angeordnet)	172
Bild K.3 – Installation von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bei TT-Systemen	

	Seite
(Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) nach der Fehlerstromschutzeinrichtung angeordnet)	173
Bild K.4 – Installation von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) bei IT-Systemen ohne verteilten Neutraleiter.....	174
Bild K.5 – Übliche Installation von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) am Einspeisepunkt der Anlage bei einem TN C-S-System	175
Bild K.6 – Allgemeine Art der Installation von One-Port-Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	175
Bild K.7 – Beispiele für unter EMV-Aspekten zulässige und unzulässige Installationen von Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD)	177
Bild K.8 – Physische Darstellung und Stromlaufplan eines Systems, bei dem das geschützte Betriebsmittel von der schützenden Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) entfernt angeordnet ist.....	177
Bild K.9 – Mögliche Schwingungen zwischen einer Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) mit Metalloxidvaristoren (MOV) und dem zu schützenden Betriebsmittel	178
Bild K.10 – Beispiel einer Spannungsverdopplung.....	178
Bild K.11 – Unterteilung eines Gebäudes in Schutzzonen.....	179
Bild K.12a – Restspannung bei Varistoren.....	182
Bild K.12b – Aufteilung des Stroms zwischen zwei Varistoren	182
Bild K.12 – Koordination von zwei Metalloxidvaristoren (MOV)	182
Bild L.1 – Typische Bemessungs-Stoßspannungen (IEC 60664-1).....	189
Bild N.1 – Stromlaufplan einer Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) auf der Lastseite des Haupteinspeisetrenners, die über einen separaten Trenner angeschlossen ist (der sich im Gehäuse der Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) befinden könnte)	194
Bild N.2 – Überspannungsschutzeinrichtung (SPD), angeschlossen zwischen dem nächsten verfügbaren abgehenden Motorschutzschalter und der Einspeisung (TN-S-Anlage, häufig in Großbritannien zu finden).....	195
Bild N.3 – Einstrichschema einer Überspannungsschutzeinrichtung (SPD), das parallel zum ersten Abzweig im Verteiler über eine Sicherung (oder einen Motorschutzschalter) angeschlossen ist	196
Bild N.4 – Überspannungsschutzeinrichtung (SPD), angeschlossen zwischen dem nächsten verfügbaren abgehenden Motorschutzschalter und der Einspeisung (Dreiphasen-Vierleiternetz + Erde in den USA, TN-C-S-Anlage).....	197
Bild N.5 – Überspannungsschutzeinrichtung (SPD), angeschlossen zwischen dem nächsten verfügbaren abgehenden Motorschutzschalter und der Einspeisung (Einphasen-Dreileiternetz + Erde, 120/240 V, in den USA, typisch für Wohngebiete und kleine Unternehmen).....	198
Bild O.1 – Beispiel eines PC mit Modem in einem Stromversorgungs- und Kommunikationssystem in den USA	200
Bild O.2 – Stromlaufplan des Stromkreises von Bild O.1, der bei der versuchsweise durchgeführten Prüfung verwendet wurde.....	201
Bild O.3 – Spannung, die bei dem Beispiel während einer Stoßwelle an den Referenzpunkten von PC und Modem gemessen wurde	202
Bild O.4 – Bei den Simulationen verwendetes typisches TT-System.....	203
Bild O.5 – Wellenformen von Spannung und Strom bei Verwendung einer Multifunktions-Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) im Stromkreis von Bild O.1	205
Bild O.1 – Zeit-Strom-Eigenschaften einer Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) und eines Trennschalters für Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD).....	210

	Seite
Bild O.2 – Beispiel der Zeit-Strom-Eigenschaften von Trennschaltern für Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) nach japanischer Norm.....	211
Bild P.1 – Wellenformen von Spannung und Strom bei Verwendung einer Multifunktions-Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) im Stromkreis von Bild O.1	213
Bild P.2 – Beispiel eines Stromkreises zur Prüfung der Induktion infolge von Blitzströmen.....	214
Bild R.1 – Typisches Schema möglicher Verbindungen zur Erde bei Umspannstationen und Niederspannungsanlagen sowie Überspannungen infolge von Fehlern	222
Tabellen	
Tabelle 1 – Höchste Werte zeitweiliger Überspannung nach IEC 60634-4-44, Ausg. 2	36
Tabelle 2 – Bevorzugte Werte von I_{imp}	44
Tabelle 3 – Schutzpfade bei verschiedenen Niederspannungssystemen	52
Tabelle 4 – Empfohlene Mindestwerte für U_c der Überspannungsschutzeinrichtung (SPD) bei verschiedenen Elektrizitätsversorgungssystemen	60
Tabelle A.1 – Prüfaufbau und Sanktion bei der Prüfung auf zeitweilige Überspannung (TOV)	83
Tabelle B.1 – Beziehung zwischen U_c und der Nennspannung des Systems.....	85
Tabelle B.2 – Beziehung zwischen U_p und U_c bei Metalloxidvaristoren (MOV)	86
Tabelle E.1 – Zulässige netzfrequente Beanspruchungsspannungen nach IEC 60364-4-44	98
Tabelle E.2 – Netzfrequente Beanspruchungsspannungen und netzfrequente Fehlerspannung bei Niederspannungssystemen während eines Hochspannungserdfehlers.....	102
Tabelle E.3 – Werte für die Prüfung der zeitweiligen Überspannung bei Systemen nach Reihe IEC 60364	111
Tabelle E.4 – Parameter der zeitweiligen Überspannung bei US-amerikanischen Systemen	112
Tabelle 39.1 Tabelle zur Auswahl der Prüfspannung Tabelle 39.1 am 16. September 2013 überarbeitet	115
Tabelle E.5 – Parameter der zeitweiligen Überspannung bei japanischen Systemen.....	116
Tabelle E.6 – Höchster Wert der zeitweiligen Überspannung anhand des Unterschieds an einem Erdfehlerpunkt	119
Table E.7 – Klassen von Erdelektroden und Erdwiderstandswerte	120
Tabelle F.1.....	132
Tabelle F.2.....	132
Tabelle F.3.....	132
Tabelle J.1 – Ablauf zur Prüfung der Koordination	136
Tabelle G.1 – Spitzenwerte von pulsweitenmodulierter Spannung und du/dt an zwei Anschlussklemmen	149
Tabelle G.2– Beispiel mit Eigenschaften des Generator-Wechselstromgenerator-Erregerstromkreises und einer ausgewählten Überspannungsschutzeinrichtung (SPD).....	150
Tabelle G.3 – Vergleich zwischen der Windenergieanlage und dem Niederspannungsverteilungsnetz.....	150
Tabelle 1 – CRL-Berechnung	154
Tabelle K.3.1 – Ermittlung des Wertes von I_{imp}	185
Tabelle K.3.2 – Ermittlung des Wertes von I_{imp} bei in Japan verwendeten weiteren Netzen.....	186

	Seite
Tabelle L.1 – Auswahl von Pegeln für die Unempfindlichkeitsprüfung in Abhängigkeit von den Installationsbedingungen.....	191
Tabelle L.2 – Störschwelle des Wechselstromeingangs	192
Tabelle O.1 – Ergebnisse der Simulationen	204
Tabelle O.1 – Beispiele für das Verhältnis der Stoßstromfestigkeit bei einem einzelnen Impulsstrom und beim gesamten Prüfprogramm aus Konditionierungs- und Arbeitsprüfung	208
Tabelle O.2 – Verhalten externer Trennschalter	209
Tabelle O.3 – Beispiele elektrischer Bemessungsdaten für Trennschalter.....	210
Tabelle R.1 – Ungünstigster Fall netzfrequenter Beanspruchungsspannungen und netzfrequenter Fehlerspannung bei Niederspannungssystemen während eines Hochspannungserdfehlers. Beim IT-System wird angenommen, dass gleichzeitig ein Niederspannungserstfehler an der Umspannstation oder in der Niederspannungsanlage vorliegt	223