

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Vorwort zu A1	3
1 Allgemeines	24
1.1 Anwendungsbereich	24
1.2 Normative Verweisungen	24
2 Betriebsbedingungen.....	25
3 Begriffe	26
3.1 Allgemeine Begriffe	26
3.2 Schaltgerätekombinationen	30
3.3 Teile von Schaltgerätekombinationen	30
3.4 Schaltgeräte	30
3.5 Teile von Leistungsschaltern	32
3.6 Betätigung	34
3.7 Kenngrößen von Leistungsschaltern.....	37
3.8 Verzeichnis der Begriffe	44
4 Bemessungsgrößen	48
4.1 Bemessungsspannung (U_r)	48
4.2 Bemessungs-Isolationspegel	49
4.3 Bemessungsfrequenz (f_r)	51
4.4 Bemessungs-Betriebsstrom (I_r) und Erwärmung.....	51
4.5 Bemessungs-Kurzzeitstrom (I_k)	51
4.6 Bemessungs-Stoßstrom (I_p)	51
4.7 Bemessungs-Kurzschlussdauer (t_k)	51
4.8 Bemessungs-Versorgungsspannung der Ein- und Ausschaltvorrichtungen und der Hilfs- und Steuerstromkreise (U_a)	51
4.9 Bemessungsfrequenz der Ein- und Ausschaltvorrichtungen und der Hilfsstromkreise	51
4.10 Bemessungsdrücke der Druckgasversorgung für Isolation, Betätigung und Lichtbogenlöschung.....	51
4.101 Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom (I_{sc}).....	52
4.101.1 Wechselstromkomponente des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms	52
4.101.2 Gleichstromzeitkonstante des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms	52
4.102 Dem Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom zugeordnete Einschwingspannung.....	53
4.102.1 Darstellung des Verlaufes der Einschwingspannung.....	53
4.102.2 Darstellung der Einschwingspannung.....	54
4.102.3 Normwerte der dem Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom zugeordneten Einschwingspannung	56
4.102.4 Normwerte der Anfangseinschwingspannung.....	68

	Seite
4.103 Bemessungs-Kurzschlusseinschaltstrom	68
4.104 Bemessungsschaltfolge	69
4.105 Kenngrößen bei Abstandskurzschluss.....	69
4.106 Bemessungs-Ein- und -Ausschaltstrom unter Asynchronbedingungen.....	71
4.107 Bemessungsströme für kapazitive Schaltfälle	71
4.107.1 Bemessungs-Freileitungsausschaltstrom	72
4.107.2 Bemessungs-Kabelausschaltstrom.....	72
4.107.3 Bemessungs-Kondensatorausschaltstrom	72
4.107.4 Bemessungs-Ausschaltstrom für Parallelkondensatorbatterien	74
4.107.5 Bemessungs-Einschaltstrom für eine Kondensatorbatterie.....	74
4.107.6 Bemessungs-Einschaltstrom für Parallelkondensatorbatterien	74
4.108 Schalten induktiver Lasten	74
4.109 Bemessungs-Schaltzeiten.....	74
4.109.1 Bemessungs-Ausschaltzeit.....	75
4.110 Anzahl mechanischer Schalthandlungen.....	76
4.111 Klasseneinteilung von Leistungsschaltern im Hinblick auf die elektrische Lebensdauer	76
5 Konstruktion und Bau	76
5.1 Anforderungen an Flüssigkeiten in Leistungsschaltern	76
5.2 Anforderungen an Gase in Leistungsschaltern.....	76
5.3 Erdung von Leistungsschaltern.....	76
5.4 Hilfseinrichtungen.....	77
5.5 Schließen mit abhängiger Kraftbetätigung.....	77
5.6 Schließen mit Kraftspeicherbetätigung	78
5.7 Unabhängige Handbetätigung	78
5.8 Arbeitsbedingungen für Auslöser.....	78
5.8.101 Überstromauslöser.....	78
5.8.101.1 Ansprechstrom.....	78
5.8.101.2 Ansprechzeit	78
5.8.101.3 Rückfallstrom	78
5.8.102 Mehrfachauslöser.....	78
5.8.103 Betriebsgrenzen von Auslösern	79
5.8.104 Leistungsaufnahme von Auslösern.....	79
5.8.105 Integriertes Relais für selbstauslösende Leistungsschalter.....	79
5.9 Drucküberwachung	79
5.10 Leistungsschilder.....	79
5.11 Verriegelungseinrichtungen	81
5.12 Schaltstellungsanzeige	81
5.13 Schutzgrad von Gehäusen.....	81
5.14 Kriechweglängen für Freiluftisolatoren.....	81

	Seite
5.15 Gas- und Vakuumdichtheit	81
5.16 Flüssigkeitsdichtheit	81
5.17 Brandgefahr (Entflammbarkeit)	81
5.18 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	82
5.19 Röntgenstrahlenemission	82
5.20 Korrosion	82
5.101 Anforderungen an den Gleichlauf der Pole bei einzelnen Ein- und Ausschaltungen	82
5.102 Allgemeine Betriebsanforderungen	82
5.103 Druckgrenzen des Mediums für Betätigung	83
5.104 Ausblasöffnungen.....	83
6 Typprüfungen	84
6.1 Allgemeines	85
6.1.1 Gruppierung der Prüfungen.....	85
6.1.2 Information zur Identifizierung der Prüfgeräte	85
6.1.3 In Typprüfberichten anzugebende Informationen	85
6.1.101 Ungültige Prüfungen.....	86
6.2 Dielektrische Prüfungen	87
6.2.1 Zustand der umgebenden Luft während der Prüfungen	87
6.2.2 Regenprüfung.....	87
6.2.3 Zustand des Leistungsschalters während der dielektrischen Prüfungen.....	87
6.2.4 Kriterien für das Bestehen der Prüfung.....	87
6.2.5 Anlegen der Prüfspannung und Prüfbedingungen	87
6.2.6 Prüfungen von Leistungsschaltern mit Bemessungsspannungen $U_r \leq 245$ kV	87
6.2.7 Prüfungen von Leistungsschaltern mit Bemessungsspannungen $U_r > 245$ kV	88
6.2.8 Prüfung unter künstlicher Verschmutzung	88
6.2.9 Teilentladungsprüfungen.....	89
6.2.10 Spannungsprüfungen an Hilfs- und Steuerstromkreisen	89
6.2.11 Spannungsprüfung als Zustandsüberprüfung	89
6.3 Störspannungsprüfungen	90
6.4 Messung des Widerstandes der Hauptstrombahn	91
6.5 Erwärmungsprüfungen	91
6.5.1 Zustand des zu prüfenden Leistungsschalters.....	91
6.5.2 Anordnung des Geräts	91
6.5.3 Messung der Temperatur und der Erwärmung	91
6.5.4 Umgebungstemperatur.....	91
6.5.5 Erwärmungsprüfung der Hilfs- und Steuereinrichtungen	91
6.5.6 Beurteilung der Erwärmungsprüfungen	91
6.6 Kurzzeitstrom- und Stoßstromprüfungen	91
6.6.1 Anordnung des Leistungsschalters und des Prüfkreises	91

	Seite	
6.6.2	Prüfstrom und Prüfdauer.....	92
6.6.3	Verhalten des Leistungsschalters während der Prüfung	92
6.6.4	Zustand des Leistungsschalters nach der Prüfung.....	92
6.7	Überprüfung des Schutzgrades	92
6.7.1	Überprüfung der IP-Kodierung.....	92
6.7.2	Mechanische Schlagprüfung.....	92
6.8	Dichtheitsprüfungen	92
6.9	Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).....	92
6.9.3.1	Störfestigkeitsprüfung der überlagerten Wechselspannung an den Eingangsklemmen der Gleichspannung.....	92
6.9.3.2	Störfestigkeitsprüfungen für Spannungseinbrüche, kurze Unterbrechungen und Spannungsschwankungen an den Eingangsklemmen der Gleichspannung	93
6.10	Zusätzliche Prüfungen an Hilfs- und Steuerstromkreisen.....	93
6.10.1	Allgemeines.....	93
6.10.2	Funktionsprüfungen	93
6.10.3	Durchgangsprüfung der geerdeten Metallteile.....	93
6.10.4	Nachweis der Betriebskenndaten von Hilfskontakten.....	93
6.10.5	Klima- und Feuchtigkeitsprüfungen	93
6.101	Mechanische Prüfungen und Klimaprüfungen	94
6.101.1	Verschiedene Bestimmungen für mechanische Prüfungen und Klimaprüfungen	94
6.101.1.1	Mechanische Kennlinien	94
6.101.1.2	Baugruppenprüfungen	94
6.101.1.3	Aufzeichnung von Kenngrößen und Einstellungen des Leistungsschalters vor und nach den Prüfungen.....	95
6.101.1.4	Zustand des Leistungsschalters während und nach den Prüfungen.....	95
6.101.1.5	Zustand der Hilfs- und Steuereinrichtungen während und nach den Prüfungen.....	96
6.101.2	Mechanische Funktionsprüfung bei Umgebungstemperatur	96
6.101.2.1	Allgemeines.....	96
6.101.2.2	Zustand des Leistungsschalters vor der Prüfung	96
6.101.2.3	Beschreibung der Prüfung für Leistungsschalter der Klasse M1.....	97
6.101.2.4	Prüfungen der erweiterten Lebensdauer an Leistungsschaltern für besondere Betriebsanforderungen (Klasse M2)	97
6.101.2.5	Kriterien für das Bestehen der mechanischen Funktionsprüfung.....	98
6.101.3	Grenztemperaturprüfungen.....	98
6.101.3.1	Allgemeines.....	98
6.101.3.2	Messung der Temperatur der Umgebungsluft.....	99
6.101.3.3	Prüfung bei unterer Grenztemperatur	99
6.101.3.4	Prüfung bei oberer Grenztemperatur.....	101
6.101.4	Feuchtigkeitsprüfung.....	102
6.101.4.1	Allgemeines.....	102

	Seite
6.101.4.2 Prüfverfahren.....	102
6.101.5 Schalten unter schwerer Vereisung	103
6.101.6 Prüfung mit statischem Klemmenzug.....	103
6.101.6.1 Allgemeines.....	103
6.101.6.2 Prüfungen.....	104
6.102 Verschiedene Bestimmungen für Ein- und Ausschaltprüfungen.....	105
6.102.1 Allgemeines.....	105
6.102.2 Anzahl von Prüfmustern	106
6.102.3 Anordnung des Leistungsschalters für die Prüfung	107
6.102.3.1 Allgemeines.....	107
6.102.3.2 Leistungsschalter mit gemeinsamem Gehäuse	108
6.102.3.3 Leistungsschalter mit getrenntem Gehäuse	108
6.102.3.4 Selbstauslösende Leistungsschalter.....	108
6.102.4 Prüfverfahren, allgemein	109
6.102.4.1 Einphasige Prüfung eines einzelnen Pols eines dreipoligen Leistungsschalters	109
6.102.4.2 Elementprüfung	110
6.102.4.2.1 Identischer Aufbau der Elemente.....	111
6.102.4.2.2 Spannungsverteilung.....	111
6.102.4.2.3 Anforderungen für Elementprüfungen.....	112
6.102.4.3 Prüfung in mehreren Teilen.....	112
6.102.5 Synthetische Prüfungen	113
6.102.6 Leerschaltungen vor den Prüfungen	113
6.102.7 Alternative Antriebe	113
6.102.8 Verhalten des Leistungsschalters während der Prüfungen	114
6.102.9 Zustand des Leistungsschalters nach den Prüfungen	115
6.102.9.1 Allgemeines.....	115
6.102.9.2 Zustand nach einer Kurzschluss-Prüfschaltfolge.....	115
6.102.9.3 Zustand nach einer Kurzschluss-Prüfserie	116
6.102.9.4 Zustand nach einer Prüfserie zum Schalten kapazitiver Ströme	116
6.102.9.5 Instandsetzung nach einer Kurzschluss-Prüfschaltfolge und anderen Prüfserien	117
6.102.10 Nachweis der Lichtbogenzeiten	117
6.102.10.1 Dreiphasige Prüfungen.....	117
6.102.10.1.1Prüfschaltfolgen T10, T30, T60, T100s, T100s(b), OP1 und OP2.....	117
6.102.10.1.2Prüfschaltfolge T100a	118
6.102.10.2 Einphasige Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Prüfbedingungen	119
6.102.10.2.1Netze mit nicht-effektiver Sternpunktterdung.....	119
6.102.10.2.2Prüfungen für Netze mit effektiver Sternpunktterdung und Abstandskurzschlussprüfungen	131
6.102.10.2.3Modifiziertes Verfahren für Fälle, bei denen der Leistungsschalter bei der Prüfung für die mittlere Lichtbogenzeit versagte	131

	Seite
6.102.10.2.4 Prüfungen, in denen die Bedingungen für Netze mit effektiver und nicht-effektiver Sternpunktterdung kombiniert werden	133
6.102.10.2.5 Aufteilung der Prüfschaltfolgen in Prüfreiheiten mit der Einschwingspannung je Pol, die der Löschofolge entspricht	133
6.103 Prüfkreise für Kurzschluss-Ein- und -Ausschaltprüfungen	133
6.103.1 Leistungsfaktor	133
6.103.2 Frequenz	134
6.103.3 Erdung des Prüfkreises	134
6.103.4 Anschluss des Prüfkreises an den Schalter	135
6.104 Prüfdaten für Kurzschlussprüfungen	135
6.104.1 Spannung vor Kurzschlusseinschaltprüfungen	135
6.104.2 Kurzschlusseinschaltstrom	136
6.104.2.1 Allgemeines	136
6.104.2.2 Prüfverfahren	136
6.104.2.2.1 Dreiphasige Prüfungen	136
6.104.2.2.2 Einphasige Prüfung	137
6.104.3 Kurzschlussausschaltstrom	137
6.104.4 Gleichstromkomponente des Kurzschlussausschaltstroms	138
6.104.5 Einschwingspannung (TRV) bei Kurzschlussausschaltprüfungen	138
6.104.5.1 Allgemeines	138
6.104.5.2 Prüfschaltfolgen T100s und T100a	142
6.104.5.3 Prüfschaltfolge T60	142
6.104.5.4 Prüfschaltfolge T30	142
6.104.5.5 Prüfschaltfolge T10	143
6.104.5.6 Prüfschaltfolgen OP1 und OP2	143
6.104.6 Messung der Einschwingspannung bei der Prüfung	143
6.104.7 Betriebsfrequente wiederkehrende Spannung	158
6.105 Durchführung von Kurzschlussprüfungen	158
6.105.1 Zeitintervall zwischen Prüfungen	158
6.105.2 Zuschalten der Hilfsenergie auf den Ausschaltauslöser bei Ausschaltprüfungen	159
6.105.3 Zuschalten der Hilfsenergie auf den Ausschaltauslöser bei Ein-Aus-Schaltprüfungen	159
6.105.4 Verklippen beim Einschalten auf einen Kurzschluss	159
6.106 Standard-Kurzschluss-Prüfschaltfolgen	160
6.106.1 Prüfschaltfolge T10	160
6.106.2 Prüfschaltfolge T30	160
6.106.3 Prüfschaltfolge T60	160
6.106.4 Prüfschaltfolge T100s	160
6.106.4.1 Die Zeitkonstante der Gleichstromkomponente des Prüfkreises ist gleich dem vorgeschriebenen Wert	161

	Seite
6.106.4.2 Die Zeitkonstante der Gleichstromkomponente des Prüfkreises ist kleiner als der vorgeschriebene Wert	161
6.106.4.3 Die Zeitkonstante der Gleichstromkomponente des Prüfkreises ist größer als der vorgeschriebene Wert	162
6.106.4.4 Erhebliches Absinken der Wechselstromkomponente des Prüfkreises.....	162
6.106.5 Prüfschaltfolge T100a	164
6.106.6 Asymmetriekriterien.....	164
6.106.6.1 Dreiphasige Prüfungen.....	165
6.106.6.1.1 Amplitude des Prüfstroms und Dauer der letzten Stromteilschwingung.....	165
6.106.6.1.2 Prozentualer Wert der Gleichstromkomponente bei Stromnulldurchgang.....	165
6.106.6.2 Einphasige Prüfungen	166
6.106.6.2.1 Amplitude des Prüfstroms und Dauer der letzten Stromteilschwingung.....	166
6.106.6.2.2 Prozentualer Wert der Gleichstromkomponente bei Stromnulldurchgang.....	166
6.106.6.3 Einstellmaßnahmen.....	167
6.107 Prüfungen im kritischen Strombereich	167
6.107.1 Anwendungsfall	167
6.107.2 Prüfstrom	167
6.107.3 Prüfschaltfolge mit kritischem Strom.....	168
6.108 Einphasige Kurzschlussprüfung und Doppelerdschlussprüfung.....	168
6.108.1 Anwendungsfall	168
6.108.2 Prüfstrom und wiederkehrende Spannung.....	168
6.108.3 Prüfschaltfolge.....	169
6.109 Abstandskurzschlussprüfungen	170
6.109.1 Anwendungsfall	170
6.109.2 Prüfstrom	170
6.109.3 Prüfkreise	171
6.109.4 Prüfschaltfolgen.....	173
6.109.5 Abstandskurzschlussprüfungen mit einer Prüfanlage begrenzter Prüfleistung	173
6.110 Ein- und Ausschaltprüfungen unter Asynchronbedingungen.....	174
6.110.1 Prüfkreis	174
6.110.2 Prüfspannungen	174
6.110.3 Prüfschaltfolgen.....	174
6.111 Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens	176
6.111.1 Anwendungsfall	176
6.111.2 Allgemeines	176
6.111.3 Eigenschaften der Speisekreise.....	177
6.111.4 Erdung des Speisekreises.....	177
6.111.5 Kennwerte des zu schaltenden kapazitiven Kreises.....	178
6.111.5.1 Prüfungen zum Schalten von Freileitungs- und Kabelströmen.....	178
6.111.5.2 Prüfungen zum Schalten von Kondensatorbatterieströmen	179

	Seite
6.111.6 Wellenform des Stroms.....	179
6.111.7 Prüfspannung.....	179
6.111.8 Prüfstrom.....	180
6.111.9 Prüfschaltfolgen	180
6.111.9.1 Prüfbedingungen für Leistungsschalter der Klasse C2.....	181
6.111.9.1.1 Prüfschaltfolgen für Klasse C2.....	181
6.111.9.1.2 Dreiphasige Prüfungen zum Schalten von Freileitungs- und Kabelströmen	184
6.111.9.1.3 Einphasige Prüfungen zum Schalten von Freileitungs- und Kabelströmen	184
6.111.9.1.4 Dreiphasige Prüfungen zum Schalten von Kondensatorbatterien (Einzel- oder Parallelkondensatorbatterien).....	185
6.111.9.1.5 Einphasige Prüfungen zum Schalten von Kondensatorbatterien (Einzel- oder Parallelkondensatorbatterien).....	185
6.111.9.2 Prüfbedingungen für Leistungsschalter der Klasse C1.....	186
6.111.9.2.1 Prüfschaltfolgen für Klasse C1.....	186
6.111.9.2.2 Einphasige und dreiphasige Prüfungen zum Schalten kapazitiver Ströme	188
6.111.9.3 Prüfbedingungen für das Ausschalten unter Erdschlussbedingungen	188
6.111.10 Prüfungen mit festgelegter Einschwingspannung.....	189
6.111.11 Kriterien für das Bestehen der Prüfung.....	190
6.111.11.1 Allgemeines.....	190
6.111.11.2 Leistungsschalter der Klasse C2	190
6.111.11.3 Leistungsschalter der Klasse C1	190
6.111.11.4 Kriterien für die Umstufung eines nach den Regeln der Klasse C2 geprüften Leistungsschalters in die Klasse C1	191
6.112 Besondere Anforderungen an Leistungsschalter der Klasse E2 bei Ein- und Ausschaltprüfungen	191
6.112.1 Leistungsschalter der Klasse E2, die für den Betrieb ohne automatische Wiedereinschaltung bestimmt sind	191
6.112.2 Leistungsschalter der Klasse E2, die für den Betrieb mit automatischer Wiedereinschaltung bestimmt sind	191
7 Stückprüfungen	193
7.1 Dielektrische Prüfung der Hauptstrombahn	193
7.2 Spannungsprüfung an Steuer- und Hilfsstromkreisen	193
7.3 Messung des Widerstandes der Hauptstrombahn.....	193
7.4 Dichtheitsprüfung	193
7.5 Sichtkontrollen und Überprüfung der Konstruktion	193
7.101 Mechanische Funktionsprüfungen	194
8 Auswahl von Leistungsschaltern für den Betrieb	196
8.101 Allgemeines.....	196
8.102 Auswahl der Bemessungswerte für den Betrieb	197
8.102.1 Wahl der Bemessungsspannung	197
8.102.2 Isolationskoordination	197

	Seite
8.102.3 Bemessungsfrequenz.....	198
8.102.4 Auswahl des Bemessungs-Betriebsstroms.....	198
8.102.5 Örtliche atmosphärische und klimatische Bedingungen	198
8.102.6 Einsatz in großen Höhen.....	199
8.103 Auswahl der Bemessungswerte für Fehlerfälle.....	199
8.103.1 Auswahl des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms	199
8.103.2 Auswahl der Einschwingspannung bei Klemmenkurzschluss, des Polfaktors und der Kenngrößen für Abstandskurzschluss	201
8.103.3 Auswahl der Kennwerte für das Schalten unter Asynchronbedingungen.....	202
8.103.4 Auswahl des Bemessungs-Kurzschlusseinschaltstroms	203
8.103.5 Schaltfolge im Betrieb	203
8.103.6 Auswahl der Bemessungs-Kurzschlussdauer.....	204
8.103.7 Fehler unter Beteiligung von Reihendrosselspulen.....	204
8.104 Auswahl bezüglich der elektrischen Lebensdauer in Netzen mit einer Bemessungsspannung von größer 1 kV bis einschließlich 52 kV	205
8.105 Auswahl bezüglich des kapazitiven Schaltvermögens.....	205
9 Angaben in Anfragen, Angeboten und Bestellungen	205
9.101 Angaben in Anfragen und Bestellungen.....	205
9.102 Angaben bei Angeboten.....	206
10 Hinweise für Transport, Lagerung, Aufstellung, Betrieb und Instandhaltung.....	209
10.1 Bedingungen während Transport, Lagerung und Aufstellung.....	209
10.2 Aufstellung.....	209
102.101 Anleitung für Inbetriebnahmeprüfungen	209
102.102 Inbetriebsetzungskontrollen und Programm für die Inbetriebsetzungsprüfungen	209
102.102.1 Überprüfungen nach der Aufstellung	209
102.102.1.1 Allgemeine Überprüfungen	209
102.102.1.2 Überprüfung der elektrischen Stromkreise.....	210
102.102.1.3 Überprüfung der Isolier- und/oder Löschmittel.....	210
102.102.1.4 Kontrollen an Flüssigkeiten oder Gasen für die Betätigung, falls sie vor Ort gefüllt oder nachgefüllt werden	210
102.102.1.5 Schalthandlungen vor Ort	210
102.102.2 Mechanische Prüfungen und Messungen.....	211
102.102.2.1 Messung der Druckwerte des Isolier- und/oder Löschmittels (soweit zutreffend)	211
102.102.2.2 Messung der Kennwerte des Drucks des Gases bzw. der Flüssigkeit für Betätigung (falls zutreffend)	211
102.102.2.3 Verbrauchsmessungen während des Betriebs (falls zutreffend)	212
102.102.2.4 Nachweis der Bemessungsschaltfolge	212
102.102.2.5 Messung der Zeit-Parameter	212
102.102.2.6 Aufzeichnung der Kennlinie der mechanischen Bewegung bei Leerschaltungen	213
102.102.2.7 Überprüfung bestimmter spezieller Schalthandlungen	213

	Seite
10.2.102.3 Elektrische Prüfungen und Messungen	215
10.2.102.3.1 Dielektrische Prüfungen	215
10.2.102.3.2 Messung des Widerstandes der Hauptstrombahn	215
10.3 Betrieb	215
10.4 Instandhaltung	215
10.4.101 Widerstände und Kondensatoren	215
11 Sicherheit	215
12 Einfluss des Produkts auf die Umwelt	215
Anhang A (normativ) Berechnung der Einschwingspannung für Abstandskurzschlüsse aus den Bemessungs-Kenngrößen	268
A.1 Grundlegende Herangehensweise	268
A.2 Transiente Spannung auf der Leitungsseite	270
A.3 Transiente Spannung auf der Speiseseite	270
A.3.1 Bemessungsspannungen von 100 kV und darüber	270
A.3.2 Bemessungsspannungen gleich oder größer 15 kV und kleiner 100 kV	272
A.4 Berechnungsbeispiele	272
A.4.1 Speise- und Leitungsseite mit Verzögerungszeit (L_{90} und L_{75} für 245 kV, 50 kA, 50 Hz)	273
A.4.2 Speiseseite mit Anfangseinschwingspannung, Leitungsseite mit Verzögerungszeit (L_{90} für 245 kV, 50 kA, 50 Hz)	274
A.4.3 Speiseseite mit Verzögerungszeit, Leitungsseite ohne Verzögerungszeit (L_{90} für 245 kV, 50 kA, 50 Hz) – Berechnungen mit einem vereinfachenden Verfahren	274
Anhang B (normativ) Toleranzen für Prüfwerte bei Typprüfungen	277
Anhang C (normativ) Aufzeichnungen und Berichte von Typprüfungen	287
C.1 Aufzuzeichnende Informationen und Ergebnisse	287
C.2 In die Typprüfberichte aufzunehmende Informationen	287
C.2.1 Allgemeines	287
C.2.2 Geprüftes Gerät	287
C.2.3 Bemessungsdaten des Leistungsschalters einschließlich seiner Antriebe und Hilfseinrichtungen	287
C.2.4 Prüfbedingungen (für jede Prüfserie)	288
C.2.5 Kurzschluss-Ein- und -Ausschaltprüfungen	288
C.2.6 Kurzzeitstromprüfung	289
C.2.7 Leerschaltung	289
C.2.8 Ein- und Ausschaltprüfungen unter Asynchronbedingungen	289
C.2.9 Prüfungen zum Schalten kapazitiver Ströme	289
C.2.10 Oszillogramme und andere Aufzeichnungen	290
Anhang D (normativ) Bestimmung des Kurzschluss-Leistungsfaktors	291
D.1 Verfahren I – Bestimmung aus der Gleichstromkomponente	291
D.1.1 Gleichung für die Gleichstromkomponente	291
D.1.2 Bestimmung des Phasenwinkels φ	291

	Seite
D.2 Verfahren II – Bestimmung mit Pilotgenerator	292
Anhang E (normativ) Verfahren zum Zeichnen der Hüllkurve der unbeeinflussten Einschwingspannung eines Stromkreises und zur Bestimmung der Kenngrößen	293
E.1 Einleitung	293
E.2 Zeichnen der Hüllkurve.....	293
E.3 Bestimmung der Kenngrößen	294
Anhang F (normativ) Verfahren zur Ermittlung der unbeeinflussten Einschwingspannung	297
F.1 Einleitung	297
F.2 Allgemeine Zusammenfassung der empfohlenen Verfahren	298
F.3 Ausführliche Erläuterungen zu den empfohlenen Verfahren	299
F.3.1 Gruppe 1 – Direktes Ausschalten von Kurzschlussströmen	299
F.3.2 Gruppe 2 – Einspeisen eines betriebsfrequenten Stroms.....	300
F.3.3 Gruppe 3 – Einspeisen eines kapazitiven Schwingstroms.....	301
F.3.4 Gruppen 2 und 3 – Kalibriermethoden	301
F.3.5 Gruppe 4 – Modellnetze	302
F.3.6 Gruppe 5 – Berechnung aus den Stromkreisparametern	303
F.3.7 Gruppe 6 – Schalten unbelasteter Prüfkreise, die Transformatoren enthalten.....	303
F.3.8 Gruppe 7 – Kombination verschiedener Verfahren.....	303
F.4 Vergleich der Verfahren.....	303
Anhang G (normativ) Begründung für die Einführung von Leistungsschaltern der Klasse E2.....	314
Anhang H (informativ) Einschwingströme von Kondensatorbatterien und Parallelkondensatorbatterien.....	315
H.1 Allgemeines	315
H.2 Beispiel 1 – Ein Kondensator wird parallel geschaltet (siehe Bild H.1).....	316
H.2.1 Beschreibung der zu schaltenden Kondensatorbatterien	316
H.2.2 Berechnung ohne Begrenzungselemente	316
H.2.3 Berechnung der Begrenzungselemente.....	317
H.3 Beispiel 2 – Zwei Kondensatoren werden parallel geschaltet (siehe Bild H.2).....	317
H.3.1 Beschreibung der zu schaltenden Kondensatorbatterien	317
H.3.2 Berechnung ohne Begrenzungselemente	318
H.3.3 Berechnung der Begrenzungselemente.....	318
Anhang I (informativ) Erläuternde Anmerkungen	320
I.1 Allgemeines	320
I.2 Erläuterungen mit Bezug auf die Gleichstromzeitkonstante des Bemessungs- Kurzschlussausschaltstroms (4.101.2) – Empfehlungen für die Wahl der passenden Zeitkonstante	320
I.2.1 Empfehlungen zur Wahl der passenden Zeitkonstante	320
I.2.2 Gleichstromkomponente bei der T100a-Prüfung	321
I.3 Erläuterungen mit Bezug auf Prüfungen zum Schalten kapazitiver Ströme (6.111).....	322
I.3.1 Rückzündverhalten.....	322

	Seite
I.3.2 Prüfprogramm	322
I.3.3 Bezug auf Tabelle 9	322
I.3.4 Bezug auf 6.111.1	323
I.3.5 Bezug auf 6.111.3	323
I.3.6 Bezug auf 6.111.5	323
I.3.7 Bezug auf 6.111.9.1.1	323
I.3.8 Bezug auf 6.111.9.1.1 und 6.111.9.2.1	323
I.3.9 Bezug auf 6.111.9.1.2 und 6.111.9.1.3	324
I.3.10 Bezug auf 6.111.9.1.2 bis 6.111.9.1.5	324
I.3.11 Bezug auf 6.111.9.1.4 und 6.111.9.1.5	324
I.3.12 Bezug auf 6.111.9.2	324
Anhang J (informativ) Toleranzen für die Leitungslänge und den Prüfstrom für Abstandskurzschlussprüfungen	325
Anhang K (informativ) Liste der in dieser Norm verwendeten Abkürzungen und Symbole	327
Anhang L (informativ) Erläuterungen zur Überarbeitung der Einschwingspannungen für Leistungsschalter mit Bemessungsspannungen über 1 kV bis unter 100 kV	336
L.1 Allgemeines	336
L.2 Klemmenkurzschluss	337
L.2.1 Einschwingspannung für Leistungsschalter in Leitungsnetzen	337
L.2.2 Verzögerungszeit	337
L.2.3 Amplitudenfaktor für T100s und T100a	337
L.2.4 Amplitudenfaktor für T60, T30 und T10	338
L.3 Abstandskurzschluss	338
L.4 Ausschaltung unter Asynchronbedingungen	338
L.5 Fehler unter Beteiligung von Reihendrosselspulen	339
L.6 Einschwingspannung für letztlöschende Pole/Prüfkreisstopologie	339
Anhang M (normativ) Anforderungen an das Ausschalten von transformatorbegrenzten Kurzschlüssen durch Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung über 1 kV	340
M.1 Allgemeines	340
M.2 Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung bis 100 kV	341
M.3 Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung von 100 kV bis einschließlich 800 kV	343
M.4 Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung über 800 kV	343
Anhang N (normativ) Anwendung der mechanischen Kennlinien und zugehörige Anforderungen	344
Anhang O (informativ) Leitfadens für Kurzschluss- und Schaltprüfungen von metallgekapselten Leistungsschaltern und Kessel-Leistungsschaltern	347
O.1 Einleitung	347
O.2 Allgemeines	347
O.2.1 Besondere Eigenschaften von metallgekapselten Leistungsschaltern hinsichtlich Ein- und Ausschaltprüfungen	347
O.2.2 Verringerte Anzahl von Einheiten für die Prüfungen	347
O.2.3 Allgemeine Beschreibung der besonderen Merkmale und möglichen Wechselwirkungen	348

	Seite
O.3	349
O.3.1	349
O.3.2	351
O.3.3	351
O.3.4	354
O.4	355
O.4.1	355
O.4.2	357
O.4.3	357
O.4.4	358
Anhang P (normativ) Berechnung der Parameter der Einschwingspannung bei asymmetrischen Kurzschlussbedingungen (T100a).....	361
Anhang Q (informativ) Beispiele für die Anwendung der Unsymmetriekriterien bei der unsymmetrischen Prüfschaltfolge T100a	366
Q.1 Dreiphasige Prüfung eines Leistungsschalters mit einer Bemessungs-Gleichstromzeitkonstanten des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms, die größer ist als die Zeitkonstante des Prüfkreises	366
Q.2 Einphasige Prüfung eines Leistungsschalters mit einer Bemessungs-Gleichstromzeitkonstanten des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms, die kleiner ist als die Zeitkonstante des Prüfkreises	368
Q.3 Einphasige Prüfung eines Leistungsschalters mit einer Bemessungs-Gleichstromzeitkonstanten des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms, die größer ist als die Zeitkonstante des Prüfkreises	369
Anhang R (normativ) Anforderungen an Leistungsschalter mit Ausschaltwiderständen	374
R.1 Allgemeines	374
R.2 Nachzuweisendes Schaltverhalten	374
R.2.1 Allgemeines	374
R.2.2 Prüfung der Hauptunterbrechereinheit.....	375
R.2.3 Prüfung der Widerstandsunterbrechereinheit.....	384
R.2.4 Prüfung des Widerstandsstapels.....	386
R.3 Einfügezeit des Widerstandes.....	387
R.4 Stromtragendes Verhalten	387
R.5 Dielektrisches Verhalten.....	387
R.6 Mechanisches Verhalten	387
R.7 Anforderungen an die Auslegung von Ausschaltwiderständen.....	387
R.8 Beispiele für wiederkehrende Spannungswellenformen	388
R.8.1 Allgemeines	388
R.8.2 Klemmenkurzschluss.....	388
R.8.3 Ausschaltung von Freileitungsströmen	390
Literaturhinweise.....	392
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	394

Bilder

Bild 57 – Festlegung der zu prüfenden großen Stromhalbwellen	122
Bild 1 – Typisches Oszillogramm eines Ein-Aus-Schaltspiels bei einem dreiphasigen Kurzschluss	216
Bild 2 – Aus- und Einschaltung eines Leistungsschalters ohne Schaltwiderstände	218
Bild 3 – Ein-Aus-Schaltspiel eines Leistungsschalters ohne Schaltwiderstände	219
Bild 4 – Wiedereinschaltung (selbsttätige Wiedereinschaltung) eines Leistungsschalters ohne Schaltwiderstände	220
Bild 5 – Aus- und Einschaltung eines Leistungsschalters mit Schaltwiderständen	221
*Um das Bild zu vereinfachen wird angenommen, dass dieser Pol ebenfalls der zuerst einschaltende Pol ist.	222
Bild 6 – Ein-Aus-Schaltspiel eines Leistungsschalters mit Schaltwiderständen	222
Bild 7 – Wiedereinschaltung (selbsttätige Wiedereinschaltung) eines Leistungsschalters mit Schaltwiderständen	223
Bild 8 – Bestimmung der Ein- und Ausschaltströme und der bezogenen Gleichstromkomponente.....	224
Bild 9 – Bezogene Gleichstromkomponente als Funktion des Zeitintervalls ab Beginn des Kurzschlusses für die verschiedenen Zeitkonstanten.....	225
Bild 10 – Darstellung einer festgelegten Vier-Parameter-Einschwingspannung und einer Verzögerungslinie für T100, T60, Abstandskurzschluss und für das Schalten unter Asynchronbedingungen	225
Bild 11 – Darstellung einer festgelegten Einschwingspannung durch einen Zwei-Parameter-Linienzug und eine Verzögerungslinie	226
Bild 12 – Prüfkreis und Anfangseinschwingspannung mit dem weiteren Verlauf der Einschwingspannung	227
Bild 13 – Darstellung des dreiphasigen Kurzschlusses	228
Bild 14 – Alternative Darstellung zu Bild 13	229
Bild 15 – Grundlegender Prüfkreis für Abstandskurzschluss	230
Bild 16 – Beispiele von leitungsseitigen Spannungsverläufen	231
Bild 17 – Prüffolgen bei Grenztemperaturprüfungen.....	232
Bild 18 – Feuchtigkeitsprüfung	233
Bild 19 – Statische Kräfte an den Anschlüssen.....	234
Bild 20 – Richtung für die statischen Kräfte an den Anschlüssen.....	235
Bild 21 – Zulässige Anzahl von Prüfmustern für Ein-, Aus- und Lastschaltprüfungen, bildliche Darstellung der Festlegungen in 6.102.2	236
Bild 22 – Definition eines einzelnen Prüfmusters nach IEC 62271-1, 3.2.2.....	237
Bild 23a – Bezugskennlinie (idealisierte Verlauf) der mechanischen Bewegung	238
Bild 23b – Bezugskennlinie (idealisierte Verlauf) der mechanischen Bewegung mit den vorgeschriebenen Grenzkurven, die auf die Bezugskennlinie zentriert sind (+ 5 %, – 5 %), Kontakttrennung in diesem Bereich bei $t = 20$ ms.....	238
Bild 23c – Bezugskennlinie (idealisierte Verlauf) der mechanischen Bewegung mit den vorgeschriebenen Grenzkurven, bezüglich der Bezugskennlinie vollständig nach oben verschoben (+ 10 %, 0 %), Kontakttrennung in diesem Beispiel bei $t = 20$ ms.....	239
Bild 23d – Bezugskennlinie (idealisierte Verlauf) der mechanischen Bewegung mit den vorgeschriebenen Grenzkurven, bezüglich der Bezugskennlinie vollständig nach unten verschoben (0 %, – 10 %), Kontakttrennung in diesem Beispiel bei $t = 20$ ms.....	239

	Seite
Bild 24 – Gleichwertiger Prüfaufbau für die Prüfung einer einzelnen Unterbrechereinheit von Leistungsschaltern mit mehr als einer getrennten Unterbrechereinheit.....	240
Bild 25 – Erdung von Prüfkreisen für dreiphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor 1,5	241
Bild 26 – Erdung von Prüfkreisen für dreiphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor 1,3	242
Bild 27 – Erdung von Prüfkreisen für einphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor 1,5	243
Bild 28 – Erdung von Prüfkreisen für einphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor 1,3	243
Bild 29 – Beispiel einer graphischen Darstellung der drei gültigen symmetrischen Ausschaltungen bei dreiphasigen Prüfungen in einem Netz mit nicht-effektiver Sternpunktterdung (Polfaktor 1,5).....	244
Bild 30 – Beispiel einer graphischen Darstellung der drei gültigen symmetrischen Ausschaltungen bei dreiphasigen Prüfungen in einem Netz mit effektiver Sternpunktterdung (Polfaktor 1,3)	245
Bild 31 – Graphische Darstellung von drei gültigen asymmetrischen Ausschaltungen bei dreiphasigen Prüfungen in einem Netz mit nicht-effektiver Sternpunktterdung (Polfaktor 1,5)	246
Bild 32 – Graphische Darstellung von drei gültigen asymmetrischen Ausschaltungen bei dreiphasigen Prüfungen in einem Netz mit effektiver Sternpunktterdung (Polfaktor 1,3).....	247
Bild 33 – Graphische Darstellung von drei gültigen symmetrischen Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen in einem Netz mit nicht-effektiver Sternpunktterdung (Polfaktor 1,5)	248
Bild 34 – Graphische Darstellung von drei gültigen asymmetrischen Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen in einem Netz mit nicht-effektiver Sternpunktterdung (Polfaktor 1,5).....	249
Bild 35 – Graphische Darstellung der drei gültigen symmetrischen Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen in einem Netz mit effektiver Sternpunktterdung (Polfaktor 1,2 oder 1,3).....	250
Bild 36 – Graphische Darstellung der drei gültigen asymmetrischen Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen in einem Netz mit effektiver Sternpunktterdung (Polfaktor 1,2 oder 1,3).....	251
Bild 58 – Graphische Darstellung des Lichtbogenfensters und des Spannungsfaktors k_p , durch welchen die Einschwingspannung für den jeweiligen Pol bestimmt wird, für Netze mit dem Polfaktor 1,2 des erstlöschenden Pols	252
Bild 37 – Graphische Darstellung des Lichtbogenfensters und des Spannungsfaktors k_p , durch welchen die Einschwingspannung für den jeweiligen Pol bestimmt wird, für Netze mit dem Polfaktor 1,3 des erstlöschenden Pols	252
Bild 38 – Graphische Darstellung des Lichtbogenfensters und des Spannungsfaktors k_p , durch welchen die Einschwingspannung für den jeweiligen Pol bestimmt wird, für Netze mit dem Polfaktor 1,5 des erstlöschenden Pols	253
Bild 39 – Beispiel einer unbeeinflussten Einschwingspannung des Prüfkreises mit Vier-Parameter-Hüllkurve, die den Bedingungen für die Typprüfung genügt: Fall einer festgelegten Einschwingspannung mit Vier-Parameter-Referenzlinienzug	253
Bild 40 – Beispiel einer unbeeinflussten Einschwingspannung des Prüfkreises mit Zwei-Parameter-Hüllkurve, die den Bedingungen für die Typprüfung genügt: Fall einer festgelegten Einschwingspannung mit Zwei-Parameter-Referenzlinienzug.....	254
Bild 41 – Beispiel einer unbeeinflussten Einschwingspannung des Prüfkreises mit Vier-Parameter-Hüllkurve, die den Bedingungen für die Typprüfung genügt: Fall einer festgelegten Einschwingspannung mit Zwei-Parameter-Referenzlinienzug	254
Bild 42 – Beispiel einer unbeeinflussten Einschwingspannung des Prüfkreises mit Zwei-Parameter-Hüllkurve, die den Bedingungen für die Typprüfung genügt: Fall einer festgelegten Einschwingspannung mit Vier-Parameter-Referenzlinienzug	255

	Seite
Bild 43 – Beispiel für die Kurvenverläufe der Einschwingspannungen und deren kombinierte Hüllkurve bei Durchführung der Prüfungen in zwei Teilen.....	256
Bild 44 – Bestimmung der betriebsfrequenten wiederkehrenden Spannung.....	257
Bild 45 – Erfordernis zusätzlicher einphasiger Prüfungen und Prüfanforderungen	258
Bild 46 – Grundlegender Prüfkreis für Abstandskurzschlussprüfungen und unbeeinflusste Einschwingspannung – Prüfkreis Typ a) nach 6.109.3: Speiseseite und Leitungsseite mit Zeitverzögerung	259
Bild 47 – Grundlegender Prüfkreis für Abstandskurzschlussprüfungen und unbeeinflusste Einschwingspannung – Prüfkreis Typ b1) nach 6.109.3: Speiseseite mit Anfangseinschwingspannung und Leitungsseite mit Zeitverzug	260
Bild 48 – Grundlegender Prüfkreis für Abstandskurzschlussprüfungen und unbeeinflusste Einschwingspannung – Prüfkreis Typ b2) nach 6.109.3: Speiseseite mit Zeitverzug und Leitungsseite ohne Zeitverzug	261
Bild 49 – Flussdiagramm für die Auswahl des Prüfkreises für Abstandskurzschlussprüfungen für Leistungsschalter der Klasse S2 und für Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung von 100 kV und darüber.....	262
Bild 50 – Kompensation einer Überschreitung der speiseseitigen Verzögerungszeit durch eine Vergrößerung der leitungsseitigen Spannung	263
Bild 51 – Prüfkreis unter Asynchronbedingungen für einpolige Prüfungen.....	264
Bild 52 – Prüfkreis unter Asynchronbedingungen mit zwei Spannungen, die um 120 elektrische Grade verschoben sind	264
Bild 53 – Prüfkreis unter Asynchronbedingungen mit einem geerdeten Anschluss des Leistungsschalters (nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber)	264
Bild 54 – Einschwingspannung bei der Prüfung des kapazitiven Schaltvermögens.....	265
Bild 55 – Verfahren zur Umstufung eines Leistungsschalters beim Schalten von Freileitungs- und Kabelströmen	266
Bild 56 – Verfahren zur Umstufung eines Leistungsschalters beim Schalten von Kondensatorbatterieströmen.....	267
Bild A.1 – Typischer Verlauf der speiseseitigen und der leitungsseitigen Einschwingspannung – Leitungsseite und Speiseseite mit Verzögerungszeit	275
Bild A.2 – Typischer Verlauf der speiseseitigen und der leitungsseitigen Einschwingspannung – Leitungsseite und Speiseseite mit Verzögerungszeit, Speiseseite mit Anfangseinschwingspannung	275
Bild A.3 – Aktueller Verlauf der speiseseitigen Einschwingspannung für Abstandskurzschlüsse L_{90} , L_{75} und L_{60}	276
Bild E.1 – Vier-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 1).....	295
Bild E.2 – Vier-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 2).....	295
Bild E.3 – Vier-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 3) i).....	296
Bild E.4 – Zwei-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 3) ii).....	296
Bild F.1 – Einfluss der Minderung (Depression) auf den Scheitelwert der Einschwingspannung	307
Bild F.2 – Einschwingspannung bei idealer Ausschaltung.....	307
Bild F.3 – Ausschaltung mit Lichtbogen spannung^{N21)}	308

	Seite
Bild F.4 – Ausschaltung mit ausgeprägtem vorzeitigen Stromnulldurchgang	308
Bild F.5 – Ausschaltung mit Nachstrom ^{N21)}	308
Bild F.6 – Vergleich von unbeeinflusstem und beeinflusstem Verlauf des Stroms und der Einschwingspannung.....	309
Bild F.7 – Prinzipschaltbild für die Einspeisung eines betriebsfrequenten Stroms	310
Bild F.8 – Zeitlicher Ablauf des Messvorganges bei der Einspeisung eines betriebsfrequenten Stroms	311
Bild F.9 – Prinzipschaltbild für die Einspeisung eines kapazitiven Schwingstroms	312
Bild F.10 – Zeitlicher Ablauf des Messvorganges bei der Einspeisung eines Schwingstroms	313
Bild H.1 – Schaltbild für Beispiel 1.....	316
Bild H.2 – Schaltbild für Beispiel 2.....	317
Bild H.3 – Gleichungen für die Berechnung der Einschwingströme von Kondensatorbatterien	319
Bild M.1 – Erstes Beispiel eines transformatorbegrenzten Kurzschlusses (auch als transformatorgespeister Kurzschluss bezeichnet)	340
Bild M.2 – Zweites Beispiel eines transformatorbegrenzten Kurzschlusses (auch als Kurzschluss auf der Unterspannungsseite von Transformatoren bezeichnet).....	341
Bild O.1 – In den Tabellen O.1 und O.2 betrachtete Prüfanordnung	358
Bild O.2 – Beispiel, in dem die Wellenformen von symmetrischen Strömen, Phase-Erde- und Phase-Phase-Spannungen während der dreiphasigen Unterbrechung dargestellt sind, wie für Bild 25a	359
Bild O.3 – Beispiel, in dem die Wellenformen von symmetrischen Strömen, Phase-Erde- und Phase-Phase-Spannungen während der dreiphasigen Unterbrechung dargestellt sind, wie für Bild 26a	360
Bild Q.1 – Dreiphasige Prüfung eines Leistungsschalters mit einer Bemessungs- Gleichstromzeitkonstanten des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms, die größer ist als die Zeitkonstante des Prüfkreises	371
Bild Q.2 – Einphasige Prüfung eines Leistungsschalters mit einer Bemessungs- Gleichstromzeitkonstanten des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms, die kürzer als die Zeitkonstante des Prüfkreises ist	372
Bild Q.3 – Einphasige Prüfung eines Leistungsschalters mit einer Bemessungs- Gleichstromzeitkonstanten des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms, die größer als die Zeitkonstante des Prüfkreises ist.....	373
Bild R.1 – Typische Netzschaltung für die Unterbrechung mit einem Leistungsschalter mit Ausschaltwiderstand.....	374
Bild R.2 – Prüfkreis für Prüfschaltfolgen T60 und T100	376
Bild R.3 – Prüfkreis für Prüfschaltfolgen T10, T30 und OP2	377
Bild R.4 – Beispiel einer gedämpften Einschwingspannung für T100s(b), $U_T = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{sc} = 50\ \text{kA}$, $f_r = 50\ \text{Hz}$	379
Bild R.5 – Beispiel einer aperiodischen Einschwingspannung für T10, $U_T = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{sc} = 50\ \text{kA}$, $f_r = 50\ \text{Hz}$	380
Bild R.6 – Beispiel eines Prüfkreises für Prüfschaltfolge Abstandskurzschluss L_{90}	381
Bild R.7 – Beispiel einer Leitungsnachbildung für Prüfschaltfolge Abstandskurzschluss L_{90} für $U_T = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{sc} = 50\ \text{kA}$ und $f_r = 50\ \text{Hz}$	382

Bild R.8 – Typische Wellenform einer wiederkehrenden Spannung für eine kapazitive Prüfung an einem Leistungsschalter mit Ausschaltwiderstand	384
Bild R.9 – Typische Wellenformen einer wiederkehrenden Spannung bei der Prüfschaltfolge T10 (für $U_T = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{sc} = 50\ \text{kA}$ und $f_T = 50\ \text{Hz}$) an der Widerstandsunterbrechereinheit eines Leistungsschalters mit Ausschaltwiderstand	385
Bild R.10 – Wellenformen der Einschwingspannungen für hohe Kurzschlussströme bei Ausschaltungen.....	388
Bild R.11 – Ströme im Fall hoher Kurzschlussströme bei Ausschaltungen	389
Bild R.12 – Wellenformen der Einschwingspannungen für niedrige Kurzschlussströme bei Ausschaltungen.....	389
Bild R.13 – Ströme im Fall niedriger Kurzschlussströme bei Ausschaltungen	390
Bild R.14 – Spannungswellenformen für Ausschaltungen von Freileitungsströmen.....	390
Bild R.15 – Stromwellenformen für Ausschaltungen von Freileitungsströmen	391
Tabellen	
Tabelle 36 – Bemessungs-Isolationspegel für die Bemessungsspannungen von 1 100 kV und 1 200 kV	50
Tabelle 1 – Normwerte der Einschwingspannung für Leistungsschalter der Klasse S1 – Bemessungsspannungen über 1 kV und unter 100 kV – Zwei-Parameter-Darstellung	58
Tabelle 2 – Normwerte der Einschwingspannung ^c für Leistungsschalter der Klasse S2 – Bemessungsspannungen von 15 kV bis unter 100 kV – Zwei-Parameter-Darstellung	60
Tabelle 3 – Normwerte der Einschwingspannung ^a – Bemessungsspannungen von 100 kV bis 170 kV für Netze mit effektiver Sternpunktterdung – Vier-Parameter-Darstellung	62
Tabelle 4 – Normwerte der Einschwingspannung ^a – Bemessungsspannungen von 100 kV bis 170 kV für Netze mit nicht-effektiver Sternpunktterdung – Vier-Parameter-Darstellung	63
Tabelle 5 – Normwerte der Einschwingspannung ^a – Bemessungsspannungen von 245 kV und darüber für Netze mit effektiv geerdetem Sternpunkt	65
Tabelle 6 – Normwerte der Faktoren für die Ermittlung der Einschwingspannung für den zweit- und drittlöschenden Pol für Bemessungsspannungen größer als 1 kV	67
Tabelle 7 – Normwerte der Anfangseinschwingspannung für Bemessungsspannungen von 100 kV und darüber	68
Tabelle 37 – Stoßfaktoren des Bemessungs-Kurzschlusseinschaltstroms	69
Tabelle 8 – Normwerte der Kenngrößen der Leitung für Abstandskurzschluss.....	70
Tabelle 9 – Vorzugswerte für die Bemessungsgrößen kapazitiver Ströme	73
Tabelle 10 – Angaben auf Leistungsschildern	80
Tabelle 11 – Typprüfungen.....	84
Tabelle 12 – Ungültige Prüfungen.....	86
Tabelle 38 – Prüfanforderungen für Spannungsprüfungen als Zustandsüberprüfung für Leistungsschalter gasisolierter Schaltanlagen und Tankschalter	90
Tabelle 13 – Anzahl der Schaltfolgen.....	97
Tabelle 14 – Beispiele horizontaler und vertikaler Kräfte für die Prüfung mit statischem Klemmenzug.....	105
Tabelle 15 – Parameter der letzten Teilschwingung des Stroms bei 50 Hz in Bezug auf die Kurzschluss-Prüfschaltfolge T100a $\tau = 45\ \text{ms}$	123

	Seite
Tabelle 16 – Parameter der letzten Teilschwingung des Stroms bei 50 Hz in Bezug auf die Kurzschluss-Prüfschaltfolge T100a $\tau = 60$ ms	124
Tabelle 17 – Parameter der letzten Teilschwingung des Stroms bei 50 Hz in Bezug auf die Kurzschluss-Prüfschaltfolge T100a $\tau = 75$ ms	125
Tabelle 18 – Parameter der letzten Teilschwingung des Stroms bei 50 Hz in Bezug auf die Kurzschluss-Prüfschaltfolge T100a $\tau = 120$ ms	126
Tabelle 19 – Parameter der letzten Teilschwingung des Stroms bei 60 Hz in Bezug auf die Kurzschluss-Prüfschaltfolge T100a $\tau = 45$ ms	127
Tabelle 20 – Parameter der letzten Teilschwingung des Stroms bei 60 Hz in Bezug auf die Kurzschluss-Prüfschaltfolge T100a $\tau = 60$ ms	128
Tabelle 21 – Parameter der letzten Teilschwingung des Stroms bei 60 Hz in Bezug auf die Kurzschluss-Prüfschaltfolge T100a $\tau = 75$ ms	129
Tabelle 22 – Parameter der letzten Teilschwingung des Stroms bei 60 Hz in Bezug auf die Kurzschluss-Prüfschaltfolge T100a $\tau = 120$ ms	130
Tabelle 23 – Löschenfenster für Prüfungen mit symmetrischem Strom.....	133
Tabelle 24 – Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter der Klasse S1 – Bemessungsspannungen über 1 kV und unter 100 kV – Zwei-Parameter-Darstellung	144
Tabelle 25 – Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung ^c für Leistungsschalter der Klasse S2 – Bemessungsspannung von 15 kV bis unter 100 kV – Zwei-Parameter-Darstellung	148
Tabelle 26 – Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung – Bemessungsspannungen von 100 kV und darüber	151
Tabelle 27 – Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung – Bemessungsspannungen von 100 kV bis 170 kV für Netze mit nicht-effektiver Sternpunktterdung – Vier-Parameter-Darstellung (T100, T60, OP1 und OP2) oder Zwei-Parameter-Darstellung (T30 und T10)	156
Tabelle 28 – Parameter der Einschwingspannung bei einphasiger Kurzschlussprüfung und Doppelerdschlussprüfung.....	169
Tabelle 29 – Prüfschaltfolgen zum Nachweis der Bemessungswerte unter Asynchronbedingungen	175
Tabelle 30 – Prüfschaltfolgen für Klasse C2	182
Tabelle 31 – Prüfschaltfolgen für Klasse C1	187
Tabelle 32 – Vorgeschriebene Werte für u_1 , t_1 , u_c und t_2	189
Tabelle 33 – Schaltfolge für die Prüfung zur elektrischen Lebensdauer nach 6.112.2 an Leistungsschaltern der Klasse E2, die für den Betrieb mit automatischer Wiedereinschaltung bestimmt sind	192
Tabelle 34 – Anlegen der Spannung bei der dielektrischen Prüfung der Hauptstrombahn	193
Tabelle 35 – Beziehung zwischen Kurzschluss-Leistungsfaktor, Zeitkonstante und Netzfrequenz	200
Tabelle A.1 – Anteile des Spannungsfalls und der speiseseitigen Einschwingspannung.....	270
Tabelle B.1 – Toleranzen für Prüfgrößen bei Typprüfungen	278
Tabelle F.1 – Vergleich der Verfahren zur Ermittlung der unbeeinflussten Einschwingspannung	304
Tabelle J.1 – Tatsächliche prozentuale Abstandskurzschlussausschaltströme.....	326
Tabelle M.1 – Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung für T30 für Leistungsschalter, die über eine kapazitätsarme Verbindung an einen Transformator angeschlossen werden sollen – Bemessungsspannung über 1 kV und unter 100 kV – Zwei-Parameter-Darstellung	342

Tabelle M.2 – Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter, die über eine kapazitätsarme Verbindung an einen Transformator angeschlossen werden sollen – Bemessungsspannung über 800 kV	343
Tabelle N.1 – Zusammenfassung der Typprüfungen hinsichtlich der mechanischen Kennlinien.....	345
Tabelle O.1 – Dreiphasiges Schalten kapazitiver Ströme unter tatsächlichen Betriebsbedingungen – Typische Werte der speiseseitigen, lastseitigen und wiederkehrenden Spannungen.....	352
Tabelle O.2 – Entsprechende Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens nach 6.111.7 für einphasige Laborprüfungen – Werte der speiseseitigen, lastseitigen und wiederkehrenden Spannungen	353
Tabelle O.3 – Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s – Polfaktor: 1,5 – Spannungswerte bei dreiphasiger Unterbrechung.....	356
Tabelle O.4 – Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s – Polfaktor: 1,3 – Spannungswerte bei dreiphasiger Unterbrechung.....	356
Tabelle O.5 – Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens unter tatsächlichen Betriebsbedingungen – Typische maximale Spannungswerte	357
Tabelle Q.1 – Beispiel für die Prüfparameter, die bei einer dreiphasigen Prüfung erreicht werden, wenn die Gleichstromzeitkonstante des Prüfkreises kleiner als die Bemessungs-Gleichstromzeitkonstante des Bemessungs-Kurzschlussstroms ist.....	367
Tabelle Q.2 – Beispiel für die Prüfparameter, die bei einer einphasigen Prüfung erreicht werden, wenn die Gleichstromzeitkonstante des Prüfkreises größer als die Bemessungs-Gleichstromzeitkonstante des Bemessungs-Kurzschlussstroms ist.....	368
Tabelle Q.3 – Beispiel für die Prüfparameter, die bei einer einphasigen Prüfung erreicht werden, wenn die Gleichstromzeitkonstante des Prüfkreises kleiner als die Bemessungs-Gleichstromzeitkonstante des Bemessungs-Kurzschlussstroms ist.....	370
Tabelle R.1 – Ergebnisse der Berechnung der Einschwingspannung	378
Tabelle R.2 – Ergebnisse der Einschwingspannungsberechnung für Prüfschaltfolge L ₉₀	382
Tabelle R.3 – Ergebnisse der Einschwingspannungsberechnung für Prüfschaltfolge T10	385