

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Vorwort zu A1	3
Europäisches Vorwort zu A2	4
Einleitung zu der Änderung A2.....	17
1 Allgemeines.....	18
1.1 Anwendungsbereich.....	18
1.2 Normative Verweisungen	18
2 Betriebsbedingungen	19
3 Begriffe	20
3.1 Allgemeine Begriffe	20
3.2 Schaltgerätekombinationen.....	24
3.3 Teile von Schaltgerätekombinationen	24
3.4 Schaltgeräte	24
3.5 Teile von Leistungsschaltern.....	26
3.6 Betätigung	28
3.7 Kenngrößen von Leistungsschaltern	31
3.8 Verzeichnis der Begriffe	37
4 Bemessungsgrößen	42
4.1 Bemessungsspannung (U_r)	42
4.2 Bemessungs-Isolationspegel	43
4.3 Bemessungsfrequenz (f_r)	45
4.4 Bemessungs-Betriebsstrom (I_r) und Erwärmung.....	45
4.5 Bemessungs-Kurzzeitstrom (I_k)	45
4.6 Bemessungs-Stoßstrom (I_p)	45
4.7 Bemessungs-Kurzschlussdauer (t_k)	45
4.8 Bemessungs-Versorgungsspannung der Ein- und Ausschaltvorrichtungen und der Hilfs- und Steuerstromkreise (U_a)	45
4.9 Bemessungsfrequenz der Ein- und Ausschaltvorrichtungen und der Hilfsstromkreise	45
4.10 Bemessungsdruck der Druckgasversorgung für gesteuerte Drucksysteme.....	45
4.11 Bemessungsfüllstände für Isolation und/oder Betätigung.....	45
4.101 Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom (I_{sc}).....	46
4.102 Bemessungs-Polfaktor des erstlöschenden Pols.....	47
4.103 Bemessungs-Kurzschlusseinschaltstrom	47
4.104 Bemessungsschaltfolge	48
4.105 Ausschaltvermögen für Abstandskurzschlüsse	48
4.106 Bemessungs-Ein- und -Ausschaltstrom unter Asynchronbedingungen.....	48

	Seite
4.107 Bemessungsströme für kapazitive Schaltfälle	49
4.108 Schalten induktiver Lasten	52
4.109 Leer.....	52
4.110 Anzahl mechanischer Schalthandlungen	52
4.111 Klasseneinteilung von Leistungsschaltern im Hinblick auf die elektrische Lebensdauer	52
5 Konstruktion und Bau	52
5.1 Anforderungen an Flüssigkeiten in Leistungsschaltern.....	52
5.2 Anforderungen an Gase in Leistungsschaltern	52
5.3 Erdung von Leistungsschaltern	52
5.4 Hilfseinrichtungen	53
5.5 Abhängige Kraftbetätigung	53
5.6 Kraftspeicherbetätigung.....	54
5.7 Unabhängige Handbetätigung oder kraftunabhängige Betätigung	54
5.8 Arbeitsbedingungen für Auslöser	54
5.9 Drucküberwachung.....	55
5.10 Leistungsschilder.....	55
5.11 Verriegelungseinrichtungen.....	57
5.12 Schaltstellungsanzeige.....	57
5.13 Schutzgrad von Gehäusen	57
5.14 Kriechweglängen für Freiluftisolatoren	57
5.15 Gas- und Vakuumdichtheit	57
5.16 Flüssigkeitsdichtheit	58
5.17 Brandgefahr (Entflammbarkeit)	58
5.18 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	58
5.19 Röntgenstrahlenemission	58
5.20 Korrosion	58
5.101 Anforderungen an den Gleichlauf der Pole bei einzelnen Ein- und Ausschaltungen	58
5.102 Allgemeine Betriebsanforderungen	58
5.103 Druckgrenzen des Mediums für Betätigung	59
5.104 Ausblasöffnungen.....	59
5.105 Zeitgrößen	59
5.106 Statische mechanische Lasten.....	60
6 Typprüfungen	61
6.1 Allgemeines	61
6.2 Dielektrische Prüfungen	63
6.3 Störspannungsprüfungen	67
6.4 Messung des Widerstandes der Hauptstrombahn	68
6.5 Erwärmungsprüfungen	68
6.6 Kurzzeitstrom- und Stoßstromprüfungen	68

	Seite
6.7	Überprüfung des Schutzgrades 69
6.8	Dichtheitsprüfungen 69
6.9	Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) 69
6.10	Zusätzliche Prüfungen an Hilfs- und Steuerstromkreisen 70
6.11	Prüfverfahren der Röntgenstrahlungs-Emission von Vakuum-Unterbrechereinheiten 71
6.101	Mechanische Prüfungen und Klimaprüfungen 71
6.102	Verschiedene Bestimmungen für Ein- und Ausschaltprüfungen 81
6.103	Prüfkreise für Kurzschluss-Ein- und -Ausschaltprüfungen 102
6.104	Prüfdaten für Kurzschlussprüfungen 104
6.105	Durchführung von Kurzschlussprüfungen 132
6.106	Standard-Kurzschluss-Prüfschaltfolgen 134
6.107	Prüfungen im kritischen Strombereich 138
6.108	Einphasige Kurzschlussprüfung und Doppelerdschlussprüfung 139
6.109	Abstandskurzschlussprüfungen 141
6.110	Ein- und Ausschaltprüfungen unter Asynchronbedingungen 146
6.111	Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens 148
6.112	Besondere Anforderungen an Leistungsschalter der Klasse E2 bei Ein- und Ausschaltprüfungen 160
7	Stückprüfungen 162
7.1	Dielektrische Prüfung der Hauptstrombahn 162
7.2	Spannungsprüfung an Steuer- und Hilfsstromkreisen 164
7.3	Messung des Widerstandes der Hauptstrombahn 164
7.4	Dichtheitsprüfung 164
7.5	Sichtkontrollen und Überprüfung der Konstruktion 164
7.101	Mechanische Funktionsprüfungen 164
8	Auswahl von Leistungsschaltern für den Betrieb 166
8.101	Allgemeines 166
8.102	Auswahl der Bemessungswerte für den Betrieb 167
8.103	Auswahl der Bemessungswerte für Fehlerfälle 169
8.104	Auswahl bezüglich der elektrischen Lebensdauer in Netzen mit einer Bemessungsspannung von größer 1 kV bis einschließlich 52 kV 175
8.105	Auswahl bezüglich des kapazitiven Schaltvermögens 175
9	Angaben in Anfragen, Angeboten und Bestellungen 175
9.101	Angaben in Anfragen und Bestellungen 175
9.102	Angaben bei Angeboten 176
10	Hinweise für Transport, Lagerung, Aufstellung, Betrieb und Instandhaltung 178
10.1	Bedingungen während Transport, Lagerung und Aufstellung 178
10.2	Aufstellung 178
10.3	Betrieb 185
10.4	Instandhaltung 185

	Seite
11	Sicherheit..... 185
12	Einfluss des Produkts auf die Umwelt..... 185
Anhang A (normativ)	Berechnung der Einschwingspannung für Abstandskurzschlüsse aus den Bemessungs-Kenngrößen..... 233
A.1	Grundlegende Herangehensweise..... 233
A.2	Transiente Spannung auf der Leitungsseite 235
A.3	Transiente Spannung auf der Speiseseite 236
A.3.1	Bemessungsspannungen von 100 kV und darüber 236
A.3.2	Bemessungsspannungen gleich oder größer 15 kV und kleiner 100 kV 237
A.4	Berechnungsbeispiele 237
A.4.1	Speise- und Leitungsseite mit Verzögerungszeit (L_{90} und L_{75} für 245 kV, 50 kA, 50 Hz)..... 238
A.4.2	Speiseseite mit Anfangseinschwingspannung, Leitungsseite mit Verzögerungszeit (L_{90} für 245 kV, 50 kA, 50 Hz)..... 239
A.4.3	Speiseseite mit Verzögerungszeit, Leitungsseite ohne Verzögerungszeit (L_{90} für 245 kV, 50 kA, 50 Hz) – Berechnungen mit einem vereinfachenden Verfahren..... 240
Anhang B (normativ)	Toleranzen für Prüfwerte bei Typprüfungen..... 242
Anhang C (normativ)	Aufzeichnungen und Berichte von Typprüfungen 254
C.1	Aufzuzeichnende Informationen und Ergebnisse..... 254
C.2	In die Typprüfberichte aufzunehmende Informationen..... 254
C.2.1	Allgemeines 254
C.2.2	Geprüftes Gerät..... 254
C.2.3	Bemessungsdaten des Leistungsschalters einschließlich seiner Antriebe und Hilfseinrichtungen 254
C.2.4	Prüfbedingungen (für jede Prüfsérie) 255
C.2.5	Kurzschluss-Ein- und -Ausschaltprüfungen 255
C.2.6	Kurzzeitstromprüfung 256
C.2.7	Leerschaltung 256
C.2.8	Ein- und Ausschaltprüfungen unter Asynchronbedingungen 256
C.2.9	Prüfungen zum Schalten kapazitiver Ströme 256
C.2.10	Oszillogramme und andere Aufzeichnungen 257
Anhang D (normativ)	Bestimmung des Kurzschluss-Leistungsfaktors..... 258
D.1	Verfahren I – Bestimmung aus der Gleichstromkomponente 258
D.1.1	Gleichung für die Gleichstromkomponente 258
D.1.2	Bestimmung des Phasenwinkels φ 258
D.2	Verfahren II – Bestimmung mit Pilotgenerator 259
Anhang E (normativ)	Verfahren zur Ermittlung der unbeeinflussten Einschwingspannung..... 260
E.1	Allgemeines 260
E.2	Zeichnen der Hüllkurve..... 261
E.3	Bestimmung der Kenngrößen 261
Anhang F (normativ)	Verfahren zur Ermittlung der unbeeinflussten Einschwingspannung 265

	Seite
F.1 Allgemeines.....	265
F.2 Allgemeine Zusammenfassung der empfohlenen Verfahren.....	266
F.3 Ausführliche Erläuterungen zu den empfohlenen Verfahren.....	267
F.3.1 Gruppe 1 – Direktes Ausschalten von Kurzschlussströmen.....	267
F.3.2 Gruppe 2 – Einspeisen eines betriebsfrequenten Stroms.....	268
F.3.3 Gruppe 3 – Einspeisen eines kapazitiven Schwingstroms.....	269
F.3.4 Gruppen 2 und 3 – Kalibriermethoden.....	269
F.3.5 Gruppe 4 – Modellnetze.....	270
F.3.6 Gruppe 5 – Berechnung aus den Stromkreisparametern.....	271
F.3.7 Gruppe 6 – Schalten unbelasteter Prüfkreise, die Transformatoren enthalten.....	271
F.3.8 Gruppe 7 – Kombination verschiedener Verfahren.....	271
F.4 Vergleich der Verfahren.....	271
Anhang G (normativ) Begründung für die Einführung von Leistungsschaltern der Klasse E2.....	282
Anhang M (informativ) Anforderungen an das Ausschalten von transformatorbegrenzten Kurzschlüssen durch Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung über 1 kV.....	283
M.1 Allgemeines.....	283
M.2 Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung kleiner 100 kV.....	284
M.3 Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung von 100 kV bis einschließlich 800 kV.....	286
M.4 Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung über 800 kV.....	286
Anhang N (normativ) Anwendung der mechanischen Kennlinien und zugehörige Anforderungen.....	288
Anhang O (normativ) Anforderungen an Kurzschluss- und Schaltprüfverfahren von metallgekapselten Leistungsschaltern und Kesselleistungsschaltern.....	290
O.1 Allgemeines.....	290
O.2 Verringerte Anzahl von Einheiten für die Prüfungen.....	290
O.3 Prüfungen für einen Einzelpol in einem Gehäuse.....	291
O.3.1 Allgemeines.....	291
O.3.2 Klemmenkurzschlussprüfungen.....	291
O.3.3 Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens.....	291
O.4 Prüfungen für drei Pole in einem Gehäuse.....	294
O.4.1 Klemmenkurzschlussprüfungen.....	294
O.4.2 Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens.....	294
Anhang R (normativ) Anforderungen an Leistungsschalter mit Ausschaltwiderständen.....	296
R.1 Allgemeines.....	296
R.2 Nachzuweisendes Schaltverhalten.....	296
R.2.1 Allgemeines.....	296
R.2.2 Prüfung der Hauptunterbrechereinheit.....	297
R.2.3 Prüfung der Widerstandsunterbrechereinheit.....	306
R.2.4 Prüfung des Widerstandsstapels.....	308
R.3 Einfügezeit des Widerstandes.....	309
R.4 Stromtragendes Verhalten.....	309

	Seite
R.5 Dielektrisches Verhalten.....	309
R.6 Mechanisches Verhalten	309
R.7 Anforderungen an die Auslegung von Ausschaltwiderständen.....	309
R.8 Beispiele für wiederkehrende Spannungswellenformen	310
R.8.1 Allgemeines	310
R.8.2 Klemmenkurzschluss.....	310
R.8.3 Ausschaltung von Freileitungsströmen	312
Anhang S (normativ) Nachweis des kapazitiven Schaltvermögens unter den Bedingungen ein- oder zweiphasiger Erdschlüsse	314
S.1 Allgemeines	314
S.2 Prüfspannung	314
S.3 Prüfstrom	314
S.4 Prüfschaltfolge.....	315
S.5 Kriterien für das Bestehen der Prüfung	315
Literaturhinweise.....	316
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	318
Bilder	
Bild 1 – Typisches Oszillogramm eines Ein-Aus-Schaltspiels bei einem dreiphasigen Kurzschluss.....	186
Bild 2 – Leistungsschalter ohne Schaltwiderstände – Aus- und Einschaltung.....	188
Bild 3 – Leistungsschalter ohne Schaltwiderstände – Ein-Aus-Schaltspiel.....	189
Bild 4 –Leistungsschalter ohne Schaltwiderstände – Wiedereinschaltung (selbsttätige Wiedereinschaltung).....	190
Bild 5 – Leistungsschalter mit Schaltwiderständen – Aus- und Einschaltungen	191
Bild 6 – Schaltwiderständen Leistungsschalter mit Schaltwiderständen – Ein-Aus-Schaltspiel	192
Bild 7 – Leistungsschalter mit Schaltwiderständen – Wiedereinschaltung (selbsttätige Wiedereinschaltung).....	193
Bild 8 – Bestimmung der Ein- und Ausschaltströme und der bezogenen Gleichstromkomponente	194
Bild 9 – Bezogene Gleichstromkomponente als Funktion des Zeitintervalls ab Beginn des Kurzschlusses für die verschiedenen Zeitkonstanten	195
Bild 10 – Darstellung einer festgelegten Vier-Parameter-Einschwingspannung und einer Verzögerungslinie für T100, T60, Abstandskurzschluss und für das Schalten unter Asynchronbedingungen.....	195
Bild 11 – Darstellung einer festgelegten Einschwingspannung durch einen Zwei-Parameter-Linienzug und eine Verzögerungslinie	196
Bild 12 – Prüfkreis und Anfangseinschwingspannung mit dem weiteren Verlauf der Einschwingspannung.....	197
Bild 13 – Darstellung des dreiphasigen Kurzschlusses.....	198
Bild 14 – Alternative Darstellung zu Bild 13.....	199
Bild 15 – Grundlegender Prüfkreis für Abstandskurzschluss	199
Bild 16 – Beispiele von leitungsseitigen Spannungsverläufen	200
Bild 17 – Prüffolgen bei Grenztemperaturprüfungen	201

	Seite
Bild 18 – Feuchtigkeitsprüfung	202
Bild 23a – Bezugskennlinie (idealisierte Verlauf) der mechanischen Bewegung	203
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	204
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	204
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	205
Bild 24 – Gleichwertiger Prüfaufbau für die Prüfung einer einzelnen Unterbrechereinheit von Leistungsschaltern mit mehr als einer getrennten Unterbrechereinheit	205
Bild 25 – Erdung von Prüfkreisen für dreiphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor 1,5	206
Bild 26 – Erdung von Prüfkreisen für dreiphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor 1,3	207
Bild 27 – Erdung von Prüfkreisen für einphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor 1,5	207
Bild 28 – Erdung von Prüfkreisen für einphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor 1,3	207
Bild 29 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige symmetrische Ausschaltungen für $k_{pp} = 1,5$	209
Bild 30 – Grafische Darstellung von drei gültigen symmetrischen Ausschaltungen für $k_{pp} = 1,2$ oder 1,3	210
Bild 31 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige asymmetrische Ausschaltungen für $k_{pp} = 1,5$	211
Bild 32 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige asymmetrische Ausschaltungen für $k_{pp} = 1,2$ oder 1,3	212
Bild 33 – Grafische Darstellung von drei gültigen symmetrischen Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen für $k_{pp} = 1,5$	213
Bild 34 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige symmetrische Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen für $k_{pp} = 1,2$ oder 1,3	214
Bild 35 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige asymmetrische Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen für $k_{pp} = 1,5$	215
Bild 36 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige asymmetrische Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen für $k_{pp} = 1,2$ und 1,3	216
Bild 37 – Grafische Darstellung des Löschenfensters und des Spannungsfaktors k_p , durch welchen die Einschwingspannung für den jeweiligen Pol bestimmt wird, für Netze mit einem Polfaktor des erstlöschenden Pols von 1,3	218
Bild 38 – Grafische Darstellung des Löschenfensters und des Spannungsfaktors k_p , durch welchen die Einschwingspannung für den jeweiligen Pol bestimmt wird, für Netze mit einem Polfaktor des erstlöschenden Pols von 1,5	218
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	219
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	220

	Seite
Bild 43 – Beispiel für die Kurvenverläufe der Einschwingspannungen und deren kombinierte Hüllkurve bei Durchführung der Prüfungen in zwei Teilen	221
Bild 44 – Bestimmung der betriebsfrequenten wiederkehrenden Spannung	222
Bild 45 – Erfordernis zusätzlicher einphasiger Prüfungen und Prüfanforderungen	223
Bild 46 – Grundlegender Prüfkreis für Abstandskurzschlussprüfungen und unbeeinflusste Einschwingspannung – Prüfkreis Typ a) nach 6.109.3: Speiseseite und Leitungsseite mit Zeitverzögerung.....	224
Bild 47 – Grundlegender Prüfkreis für Abstandskurzschlussprüfungen und unbeeinflusste Einschwingspannung – Prüfkreis Typ b1) nach 6.109.3: Speiseseite mit Anfangseinschwingspannung und Leitungsseite mit Zeitverzug	225
Bild 48 – Grundlegender Prüfkreis für Abstandskurzschlussprüfungen und unbeeinflusste Einschwingspannung – Prüfkreis Typ b2) nach 6.109.3: Speiseseite mit Zeitverzug und Leitungsseite ohne Zeitverzug	226
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	227
Bild 50 – Kompensation einer Überschreitung der speiseseitigen Verzögerungszeit durch eine Vergrößerung der leitungsseitigen Spannung.....	228
Bild 51 – Prüfkreis unter Asynchronbedingungen für einpolige Prüfungen.....	229
Bild 52 – Prüfkreis unter Asynchronbedingungen mit zwei Spannungen, die um 120 elektrische Grade verschoben sind	229
Bild 53 – Prüfkreis unter Asynchronbedingungen mit einem geerdeten Anschluss des Leistungsschalters (nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber).....	229
Bild 54 – Einschwingspannung bei der Prüfung des kapazitiven Schaltvermögens	230
Bild 55 – Verfahren zur Umstufung eines Leistungsschalters beim Schalten von Freileitungs- und Kabelströmen	231
Bild 56 – Verfahren zur Umstufung eines Leistungsschalters beim Schalten von Kondensatorbatterieströmen	232
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.....	217
Bild 59 – Beispiel für die Messung der Windgeschwindigkeit	203
Bild 60 – Grafische Darstellung der Zeitkenngrößen zum Nachweis der Lichtbogenzeiten in dreiphasigen Prüfungen der Prüfschaltfolge T100a.....	208
Bild A.1 – Typischer Verlauf der speiseseitigen und der leitungsseitigen Einschwingspannung – Leitungsseite und Speiseseite mit Verzögerungszeit.....	240
Bild A.2 – Typischer Verlauf der speiseseitigen und der leitungsseitigen Einschwingspannung – Leitungsseite und Speiseseite mit Verzögerungszeit, Speiseseite mit Anfangseinschwingspannung.....	241
Bild A.3 – Aktueller Verlauf der speiseseitigen Einschwingspannung für Abstandskurzschlüsse L_{90} , L_{75} und L_{60}	241
Bild E.1 – Vier-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 1)	262
Bild E.2 – Vier-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 2)	263

	Seite
Bild E.3 – Vier-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 3) i)	263
Bild E.4 – Zwei-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 3) ii)	264
Bild F.1 – Einfluss der Minderung (Depression) auf den Scheitelwert der Einschwingspannung	275
Bild F.2 – Einschwingspannung bei idealer Ausschaltung	275
Bild F.3 – Ausschaltung mit Lichtbogen spannung	276
Bild F.4 – Ausschaltung mit ausgeprägtem vorzeitigem Stromnulldurchgang	276
Bild F.5 – Ausschaltung mit Nachstrom	276
Bild F.6 – Vergleich von unbeeinflusstem und beeinflusstem Verlauf des Stroms und der Einschwingspannung	277
Bild F.7 – Prinzipschaltbild für die Einspeisung eines betriebsfrequenten Stroms	278
Bild F.8 – Zeitlicher Ablauf des Messvorganges bei der Einspeisung eines betriebsfrequenten Stroms	279
Bild F.9 – Prinzipschaltbild für die Einspeisung eines kapazitiven Schwingstroms	280
Bild F.10 – Zeitlicher Ablauf des Messvorganges bei der Einspeisung eines Schwingstroms	281
Bild M.1 – Erstes Beispiel eines transformatorbegrenzten Kurzschlusses (auch als transformatorgespeister Kurzschluss bezeichnet)	283
Bild M.2 – Zweites Beispiel eines transformatorbegrenzten Kurzschlusses (auch als Kurzschluss auf der Unterspannungsseite von Transformatoren bezeichnet)	284
Bild O.1 – In den Tabellen O.1, O.2 und O.3 betrachtete Prüfanordnung	292
Bild R.1 – Typische Netzschaltung für die Unterbrechung mit einem Leistungsschalter mit Ausschaltwiderstand	296
Bild R.2 – Prüfkreis für Prüfschaltfolgen T60 und T100	298
Bild R.3 – Prüfkreis für Prüfschaltfolgen T10, T30 und OP2	299
Bild R.4 – Beispiel einer gedämpften Einschwingspannung für T100s(b), $U_T = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{sc} = 50\ \text{kA}$, $f_T = 50\ \text{Hz}$	301
Bild R.5 – Beispiel einer aperiodischen Einschwingspannung für T10, $U_T = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{sc} = 50\ \text{kA}$, $f_T = 50\ \text{Hz}$	302
Bild R.6 – Beispiel eines Prüfkreises für Prüfschaltfolge Abstandskurzschluss L_{90}	303
Bild R.7 – Beispiel einer Leitungsnachbildung für Prüfschaltfolge Abstandskurzschluss L_{90} für $U_T = 1\ 100\ \text{kV}$, $I_{sc} = 50\ \text{kA}$ und $f_T = 50\ \text{Hz}$	304
Bild R.8 – Typische Wellenform einer wiederkehrenden Spannung für eine kapazitive Prüfung an einem Leistungsschalter mit Ausschaltwiderstand	306
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	307
Bild R.10 – Wellenformen der Einschwingspannungen für hohe Kurzschlussströme bei Ausschaltungen	310
Bild R.11 – Ströme im Fall hoher Kurzschlussströme bei Ausschaltungen	311
Bild R.12 – Wellenformen der Einschwingspannungen für niedrige Kurzschlussströme bei Ausschaltungen	311
Bild R.13 – Ströme im Fall niedriger Kurzschlussströme bei Ausschaltungen	312

	Seite
Bild R.14 – Spannungswellenformen für Ausschaltungen von Freileitungsströmen.....	312
Bild R.15 – Stromwellenformen für Ausschaltungen von Freileitungsströmen	313
Tabellen	
Tabelle 6 – Normwerte der Faktoren für die Ermittlung der Einschwingspannung für den zweit- und drittlöschenden Pol für Bemessungsspannungen größer als 1 kV	132
Tabelle 7 – Normwerte der Anfangseinschwingspannung – Bemessungsspannungen von 100 kV und darüber	131
Tabelle 8 – Werte der Leitungskenngrößen für Abstandskurzschlüsse	142
Tabelle 9 – Vorzugswerte für die Bemessungsgrößen kapazitiver Ströme.....	50
Tabelle 10 – Angaben auf Leistungsschildern.....	56
Tabelle 11 – Typprüfungen.....	61
Tabelle 12 – Ungültige Prüfungen	63
Tabelle 13 – Anzahl der Schaltfolgen	74
Tabelle 14 – Beispiele für statische horizontale und vertikale Kräfte für die Prüfung der statischen Last an Anschlussklemmen.....	60
Tabelle 23 – Löschenfenster für Prüfungen mit symmetrischem Strom.....	102
Tabelle 24 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter der Klasse S1 für $k_{pp} = 1,5$	115
Tabelle 25 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter der Klasse S2 für $k_{pp} = 1,5$	121
Tabelle 26 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter mit Bemessung für $k_{pp} = 1,2$ oder $1,3$ – Bemessungsspannungen von 100 kV und darüber.....	126
Tabelle 27 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter mit Bemessung für $k_{pp} = 1,5$ – Bemessungsspannungen von 100 kV bis 170 kV.....	128
Tabelle 28 – Parameter der Einschwingspannung bei einphasiger Kurzschlussprüfung und Doppelerdschlussprüfung.....	140
Tabelle 29 – Prüfschaltfolgen zum Nachweis der Bemessungswerte unter Asynchronbedingungen	148
Tabelle 30 – Gemeinsame Anforderungen für die Prüfschaltfolgen.....	153
Tabelle 32 – Festgelegte Werte für u_1 , t_1 , u_c und t_2	159
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	161
Tabelle 34 – Anlegen der Spannung bei der dielektrischen Prüfung der Hauptstrombahn	162
Tabelle 35 – Beziehung zwischen Kurzschluss-Leistungsfaktor, Zeitkonstante und Netzfrequenz	170
Tabelle 36 – Bemessungs-Isolationspegel für die Bemessungsspannungen von 1 100 kV und 1 200 kV	44
Tabelle 37 – Stoßfaktoren des Bemessungs-Kurzschlusseinschaltstroms.....	48
Tabelle 38 – Prüfanforderungen für Spannungsprüfungen als Zustandsüberprüfung für Leistungsschalter gasisolierter Schaltanlagen und Tankschalter	67
Tabelle 39 – Parameter der letzten Teilschwingung des Stroms bei dreiphasigen Prüfungen und bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Prüfungen in Bezug auf die Kurzschluss-Prüfschaltfolge T100a – Prüfungen für 50-Hz-Betrieb	96

Tabelle 40 – Parameter der letzten Teilschwingung des Stroms bei dreiphasigen Prüfungen und bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Prüfungen in Bezug auf die Kurzschluss-Prüfschaltfolge T100a – Prüfungen für 60-Hz-Betrieb	96
Tabelle 41 – Parameter der Einschwingspannung für einphasige Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Prüfungen zum Nachweis der Unterbrechung des zweitlöschenden Pols für $k_{pp} = 1,3$	98
Tabelle 42 – Parameter der Einschwingspannung für einphasige Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Prüfungen zum Nachweis der Unterbrechung des drittlöschenden Pols für $k_{pp} = 1,3$	98
Tabelle 43 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter der Klasse S1 für $k_{pp} = 1,3$	119
Tabelle 44 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter der Klasse S2 für $k_{pp} = 1,3$	124
Tabelle 45 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Prüfungen unter Asynchronbedingungen an Leistungsschaltern der Klasse S1 für $k_{pp} = 2,5$	112
Tabelle 46 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Prüfungen unter Asynchronbedingungen an Leistungsschaltern der Klasse S2 für $k_{pp} = 2,5$	112
Tabelle 47 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Prüfungen unter Asynchronbedingungen an Leistungsschaltern der Klasse S1 für $k_{pp} = 2,0$	113
Tabelle 48 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Prüfungen unter Asynchronbedingungen an Leistungsschaltern der Klasse S2 für $k_{pp} = 2,0$	114
Tabelle 49 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung des Speisekreises für Abstandskurzschlussprüfungen	145
Tabelle 50 – Prüfspannungen für Teilentladungsmessungen.....	163
Tabelle A.1 – Anteile des Spannungsfalls und der speiseseitigen Einschwingspannung	235
Tabelle B.1 – Toleranzen für Prüfgrößen bei Typprüfungen.....	243
Tabelle F.1 – Vergleich der Verfahren zur Ermittlung der unbeeinflussten Einschwingspannung	272
Tabelle M.1 – Geforderte Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für T30 für Leistungsschalter, die über eine kapazitätsarme Verbindung an einen Transformator angeschlossen werden – Bemessungsspannungen über 1 kV und unter 100 kV für Netze mit nicht-effektiver Sternpunktterdung	285
Tabelle M.2 – Geforderte Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter, die über eine kapazitätsarme Verbindung an einen Transformator angeschlossen werden – Bemessungsspannung über 800 kV	287
Tabelle M.3 – Geforderte Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für T30 für Leistungsschalter, die über eine kapazitätsarme Verbindung an einen Transformator angeschlossen werden – Bemessungsspannungen über 1 kV und unter 100 kV für Netze mit effektiver Sternpunktterdung	286
Tabelle O.1 – Dreiphasiges Schalten kapazitiver Ströme unter Betriebsbedingungen: Speiseseitige, lastseitige und wiederkehrende Spannungen	292
Tabelle O.2 – Entsprechende Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens nach 6.111.7 für einphasige Laborprüfungen Werte der speiseseitigen, lastseitigen und wiederkehrenden Spannungen	293

	Seite
Tabelle O.3 – Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens unter tatsächlichen Betriebsbedingungen – Typische maximale Spannungswerte	295
Tabelle R.1 – Ergebnisse der Berechnung der Einschwingspannung	300
Tabelle R.2 – Ergebnisse der Einschwingspannungsberechnung für Prüfschaltfolge L ₉₀	304
Tabelle R.3 – Ergebnisse der Einschwingspannungsberechnung für Prüfschaltfolge T10.....	307