

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 Prüfserie) ..... 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 $\varphi$ ..... 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
<b>Bilder</b>	
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 Lichtbogenspannung .....	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
<b>Tabellen</b>	
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 <sub>90</sub> .....	304
Tabelle R.3 – Ergebnisse der Einschwingspannungsberechnung für Prüfschaltfolge T10.....	307