

## Anwendungsbereich

Anwendungsbereich dieser Norm ist ...

### Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich .....	18
2 Normative Verweisungen .....	18
3 Begriffe .....	19
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 Betriebskenndaten .....	28
3.7 Kenngrößen .....	30
3.7.1 Allgemeines .....	30
3.8 Begriffsindex .....	45
4 Normale und besondere Betriebsbedingungen .....	49
5 Bemessungsgrößen .....	50
5.1 Allgemeines .....	50
5.2 Bemessungsspannung ( $U_r$ ) .....	50
5.3 Bemessungs-Isolationspegel ( $U_d$ , $U_p$ , $U_s$ ) .....	50
5.4 Bemessungsfrequenz ( $f_r$ ) .....	51
5.5 Bemessungs-Dauerstrom ( $I_r$ ) .....	51
5.6 Bemessungs-Kurzzeitstrom ( $I_k$ ) .....	51
5.7 Bemessungs-Stoßstrom ( $I_p$ ) .....	51
5.8 Bemessungs-Kurzschlussdauer ( $t_k$ ) .....	51
5.9 Bemessungs-Versorgungsspannung der Hilfs- und Steuerstromkreise ( $U_a$ ) .....	51
5.10 Bemessungs-Versorgungsfrequenz der Hilfs- und Steuerstromkreise .....	51
5.11 Bemessungsdruck der Druckgasversorgung für gesteuerte Drucksysteme .....	51
5.101 Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom ( $I_{sc}$ ) .....	51
5.101.1 Allgemeines .....	51
5.101.2 Wechselstromkomponente des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms .....	53
5.101.3 Gleichstromzeitkonstante des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms .....	53
5.102 Bemessungs-Polfaktor des erstlöschenden Pols .....	54
5.103 Bemessungs-Kurzschlusseinschaltstrom .....	54
5.104 Bemessungsschaltfolge .....	54
5.105 Bemessungs-Ein- und -Ausschaltstrom unter Asynchronbedingungen .....	55
5.106 Bemessungsströme für kapazitive Schaltfälle .....	55

	Seite
5.106.1 Bemessungs-Freileitungsausschaltstrom .....	56
5.106.2 Bemessungs-Kabelausschaltstrom.....	56
5.106.3 Bemessungs-Kondensatorausschaltstrom .....	56
5.106.4 Bemessungs-Ausschaltstrom für Parallelkondensatorbatterien .....	58
5.106.5 Bemessungs-Einschaltstrom für eine Kondensatorbatterie.....	58
5.106.6 Bemessungs-Einschaltstrom für Parallelkondensatorbatterien .....	58
5.107 Schalten induktiver Lasten .....	58
5.108 Anzahl mechanischer Schalthandlungen.....	58
5.109 Klasseneinteilung von Leistungsschaltern im Hinblick auf die elektrische Lebensdauer .....	58
6 Konstruktion und Bau.....	59
6.1 Anforderungen an Flüssigkeiten .....	59
6.2 Anforderungen an Gase.....	59
6.3 Erdung.....	59
6.4 Hilfs- und Steuereinrichtungen und -stromkreise.....	59
6.5 Abhängige Kraftbetätigung.....	60
6.6 Kraftspeicherbetätigung .....	60
6.7 Unabhängige entriegelte Betätigung (unabhängige Hand- oder Kraftbetätigung).....	60
6.8 Handbetriebene Bedienteile.....	60
6.9 Arbeitsbedingungen für Auslöser .....	60
6.9.101 Überstromauslöser.....	60
6.9.102 Mehrfachauslöser.....	61
6.9.103 Betriebsgrenzen von Auslösern .....	61
6.9.104 Leistungsaufnahme von Auslösern.....	61
6.9.105 Integriertes Relais für selbstauslösende Leistungsschalter.....	61
6.10 Gasdruck-/Flüssigkeitspegel-Überwachungseinrichtung .....	61
6.10.1 Gasdruck .....	61
6.10.2 Flüssigkeitspegel.....	61
6.11 Leistungsschilder.....	61
6.12 Verriegelungseinrichtungen .....	63
6.13 Schaltstellungsanzeige .....	63
6.14 Schutzgrad von Gehäusen.....	63
6.15 Kriechweglängen für Freiluftisolatoren.....	63
6.16 Gas- und Vakuumdichtheit.....	64
6.17 Dichtheit von Flüssigsystemen.....	64
6.18 Brandgefahr (Entflammbarkeit).....	64
6.19 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) .....	64
6.20 Röntgenstrahlenemission.....	64
6.21 Korrosion .....	64
6.22 Füllstände für Isolation, Schalten und/oder Betätigung .....	64

	Seite
6.101 Anforderungen an den Gleichlauf der Pole bei einzelnen Ein- und Ausschaltungen .....	64
6.102 Allgemeine Betriebsanforderungen .....	65
6.103 Druckgrenzen des Mediums für Betätigung .....	65
6.104 Ausblasöffnungen .....	65
6.105 Zeitgrößen .....	65
6.106 Statische mechanische Lasten .....	66
7 Typprüfungen .....	67
7.1 Allgemeines .....	67
7.1.1 Grundlagen .....	67
7.1.2 Angaben zur Identifikation von Prüfobjekten .....	68
7.1.3 Informationen, die in Typprüfberichten enthalten sein müssen .....	68
7.1.101 Ungültige Prüfungen .....	68
7.1.102 Typprüfungen, die für Leistungsschalter mit alternativen Antrieben wiederholt werden müssen .....	69
7.2 Dielektrische Prüfungen .....	70
7.2.1 Allgemeines .....	70
7.2.2 Umgebungsbedingungen während der Prüfungen .....	70
7.2.3 Regenprüfung .....	70
7.2.4 Anordnung des Leistungsschalters .....	70
7.2.5 Kriterien für das Bestehen der Prüfung .....	70
7.2.6 Anlegen der Prüfspannung und Prüfbedingungen .....	70
7.2.7 Prüfungen von Leistungsschaltern mit Bemessungsspannungen $U_r \leq 245$ kV .....	70
7.2.8 Prüfungen von Leistungsschaltern mit Bemessungsspannungen $U_r > 245$ kV .....	71
7.2.9 Prüfungen an Freiluftisolatoren mit künstlicher Verschmutzung .....	72
7.2.10 Teilentladungsprüfungen .....	72
7.2.11 Dielektrische Prüfungen an Hilfs- und Steuerstromkreisen .....	72
7.2.12 Spannungsprüfung als Zustandsüberprüfung .....	72
7.3 Funk-Störspannungsprüfung .....	73
7.4 Messung des Widerstands .....	74
7.4.4 Messungen des Widerstands von Kontakten und Verbindungen im Hauptstromkreis als Zustandsprüfung .....	74
7.5 Dauerstromprüfungen .....	75
7.5.1 Zustand des Prüfobjekts .....	75
7.5.2 Prüfaufbau .....	75
7.5.3 Prüfstrom und Prüfdauer .....	75
7.5.4 Temperaturmessung während der Prüfung .....	75
7.5.5 Widerstand des Hauptstromkreises .....	75
7.5.6 Kriterien für das Bestehen der Prüfung .....	75
7.6 Kurzzeitstrom- und Stoßstromprüfungen .....	75

	Seite
7.6.1 Allgemeines.....	75
7.6.2 Anordnung des Geräts und des Prüfkreises.....	75
7.6.3 Prüfstrom und Prüfdauer.....	76
7.6.4 Zustand des Prüfobjekts nach der Prüfung.....	76
7.7. Prüfung des Schutzgrades.....	76
7.7.1 Prüfung der IP-Kodierung .....	76
7.7.2 Prüfung der IK-Kodierung .....	76
7.8 Dichtheitsprüfungen .....	76
7.9 Prüfungen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).....	76
7.10 Zusätzliche Prüfungen an Hilfs- und Steuerstromkreisen.....	77
7.10.1 Allgemeines.....	77
7.10.2 Funktionsprüfungen .....	77
7.10.3 Nachweis der Betriebskenndaten der Hilfskontakte .....	77
7.10.4 Umweltprüfungen .....	77
7.10.5 Dielektrische Prüfung .....	77
7.11 Prüfverfahren der Röntgenstrahlungs-Emission von Vakuum-Schaltkammern .....	77
7.101 Mechanische Prüfungen und Klimaprüfungen .....	77
7.101.1 Verschiedene Bestimmungen für mechanische Prüfungen und Klimaprüfungen .....	77
7.101.2 Mechanische Funktionsprüfung bei Umgebungstemperatur .....	80
7.101.3 Prüfungen bei oberer und unterer Grenztemperatur .....	82
7.101.4 Feuchteprüfung .....	88
7.101.5 Schaltprüfung unter schwerer Vereisung.....	89
7.102 Verschiedene Bestimmungen für Ein- und Ausschaltprüfungen .....	90
7.102.1 Allgemeines.....	90
7.102.2 Zusätzliche Anforderungen .....	90
7.102.3 Anordnung des Leistungsschalters für die Prüfung .....	91
7.102.4 Allgemeines zu den Prüfverfahren.....	92
7.102.5 Synthetische Prüfungen.....	103
7.102.6 Leerschaltungen vor den Prüfungen.....	103
7.102.7 Alternative Antriebe.....	103
7.102.8 Verhalten des Leistungsschalters während der Prüfungen .....	104
7.102.9 Zustand des Leistungsschalters nach den Prüfungen.....	105
7.102.10 Nachweis der Lichtbogenzeiten .....	107
7.103 Prüfkreise für Kurzschluss-Ein- und -Ausschaltprüfungen .....	127
7.103.1 Leistungsfaktor.....	127
7.103.2 Frequenz .....	127
7.103.3 Erdung des Prüfkreises.....	127
7.103.4 Anschluss des Prüfkreises an den Schalter.....	130
7.104 Prüfdaten für Kurzschlussprüfungen.....	130

	Seite
7.104.1 Anstehende Spannung vor Kurzschlusseinschaltprüfungen.....	130
7.104.2 Kurzschlusseinschaltstrom.....	130
7.104.3 Kurzschlussausschaltstrom.....	132
7.104.4 Gleichstromkomponente des Kurzschlussausschaltstroms.....	132
7.104.5 Einschwingspannung (TRV) bei Kurzschlussausschaltprüfungen.....	132
7.104.6 Messung der Einschwingspannung bei der Prüfung.....	154
7.104.7 Betriebsfrequente wiederkehrende Spannung.....	155
7.104.8 Anfangseinschwingspannung (ITRV).....	156
7.104.9 Faktoren für die Einschwingspannung für den zweit- und drittlöschenden Pol.....	158
7.105 Durchführung von Kurzschlussprüfungen.....	158
7.105.1 Zeitintervall zwischen Prüfungen.....	158
7.105.2 Zuschalten der Hilfsenergie auf den Ausschaltauslöser bei Ausschaltprüfungen.....	158
7.105.3 Zuschalten der Hilfsenergie auf den Ausschaltauslöser bei Ein-Aus-Schaltprüfungen.....	158
7.105.4 Verlinken beim Einschalten auf einen Kurzschluss.....	159
7.106 Standard-Kurzschluss-Prüfschaltfolgen.....	159
7.106.1 Prüfschaltfolge T10.....	160
7.106.2 Prüfschaltfolge T30.....	160
7.106.3 Prüfschaltfolge T60.....	160
7.106.4 Prüfschaltfolge T100s.....	160
7.106.5 Prüfschaltfolge T100a.....	163
7.107 Prüfungen im kritischen Strombereich.....	164
7.107.1 Anwendungsfall.....	164
7.107.2 Prüfstrom.....	164
7.107.3 Prüfschaltfolge mit kritischem Strom.....	164
7.108 Einphasige Kurzschlussprüfung und Doppelerdschlussprüfung.....	164
7.108.1 Anwendungsfall.....	164
7.108.2 Prüfstrom und wiederkehrende Spannung.....	165
7.108.3 Prüfschaltfolge.....	166
7.109 Abstandskurzschlussprüfungen.....	167
7.109.1 Anwendungsfall.....	167
7.109.2 Prüfstrom.....	167
7.109.3 Prüfkreise.....	168
7.109.4 Prüfschaltfolgen.....	176
7.109.5 Abstandskurzschlussprüfungen mit einer Prüfanlage begrenzter Prüfleistung.....	178
7.110 Ein- und Ausschaltprüfungen unter Asynchronbedingungen.....	178
7.110.1 Prüfkreise.....	178
7.110.2 Prüfspannung.....	179
7.110.3 Prüfschaltfolgen.....	179
7.111 Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens.....	180

	Seite
7.111.1 Allgemeines.....	180
7.111.2 Anwendungsfall.....	180
7.111.3 Eigenschaften der Speisekreise .....	181
7.111.4 Erdung des Prüfkreises.....	181
7.111.5 Kennwerte des zu schaltenden kapazitiven Kreises.....	182
7.111.6 Wellenform des Stroms.....	183
7.111.7 Prüfspannung.....	184
7.111.8 Prüfstrom.....	184
7.111.9 Prüfschaltfolgen .....	185
7.111.10 Prüfungen mit festgelegter wiederkehrender Spannung .....	191
7.111.11 Kriterien für das Bestehen der Prüfung.....	192
7.112.1 Leistungsschalter der Klasse E2, die für den Betrieb ohne selbsttätiges Wiedereinschalten bestimmt sind .....	197
7.112.2 Leistungsschalter der Klasse E2, die für den Betrieb mit selbsttätigem Wiedereinschalten bestimmt sind .....	197
8 Stückprüfungen .....	198
8.1 Allgemeines.....	198
8.2 Dielektrische Prüfung des Hauptstromkreises .....	198
8.2.101 Teilentladungsmessungen .....	199
8.3 Prüfungen an Hilfs- und Steuerstromkreisen .....	200
8.4 Messung des Widerstands des Hauptstromkreises.....	200
8.5 Dichtheitsprüfung .....	200
8.6 Konstruktions- und Sichtkontrollen.....	200
9 Anleitung zur Auswahl von Leistungsschaltern (informativ) .....	202
9.101 Allgemeines.....	202
9.102 Auswahl der Bemessungswerte für den Betrieb .....	204
9.102.1 Wahl der Bemessungsspannung .....	204
9.102.2 Isolationskoordination .....	204
9.102.3 Bemessungsfrequenz .....	205
9.102.4 Wahl des Bemessungs-Dauerstroms .....	205
9.102.5 Örtliche atmosphärische und klimatische Bedingungen .....	205
9.102.6 Einsatz in großen Höhen.....	206
9.103 Auswahl der Bemessungswerte für Fehlerfälle.....	206
9.103.1 Auswahl des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms .....	206
9.103.2 Auswahl der Einschwingspannung bei Klemmenkurzschluss, des Polfaktors und der Kenngrößen für Abstandskurzschluss .....	207
9.103.3 Auswahl der Kennwerte für das Schalten unter Asynchronbedingungen.....	209
9.103.4 Auswahl des Bemessungs-Kurzschlusseinschaltstroms .....	209
9.103.5 Schaltfolge im Betrieb .....	209
9.103.6 Auswahl der Bemessungs-Kurzschlussdauer.....	210

	Seite
9.103.7 Fehler unter Beteiligung von Reihendrosselspulen.....	210
9.104 Auswahl bezüglich der elektrischen Lebensdauer in Netzen mit einer Bemessungsspannung von größer 1 kV bis einschließlich 52 kV .....	210
9.105 Auswahl bezüglich des kapazitiven Schaltvermögens.....	211
10 Angaben in Anfragen, Angeboten und Bestellungen (informativ) .....	211
10.1 Allgemeines.....	211
10.2 Angaben in Anfragen und Bestellungen.....	211
10.3 Angaben bei Angeboten .....	212
11 Transport, Lagerung, Aufstellung, Betriebsanleitungen und Instandhaltung .....	214
11.1 Allgemeines.....	214
11.2 Bedingungen während des Transports, der Lagerung und der Aufstellung.....	214
11.3 Aufstellung.....	214
11.3.101 Inbetriebnahmeprüfungen .....	215
11.3.102 Inbetriebnahmekontrollen und Programm für die Inbetriebnahmeprüfungen .....	215
11.4 Betriebsanleitungen.....	221
11.5 Instandhaltung .....	221
11.4.101 Widerstände und Kondensatoren.....	221
12 Sicherheit.....	221
13 Durch das Produkt verursachte Umwelteinflüsse .....	221
Anhang A (normativ) Berechnung der Einschwingspannung für Abstandskurzschlüsse aus den Bemessungs-Kenngrößen.....	222
A.1 Grundlegende Herangehensweise.....	222
A.2 Transiente Spannung auf der Leitungsseite .....	224
A.3 Transiente Spannung auf der Speiseseite .....	225
A.3.1 Bemessungsspannungen von 100 kV und darüber .....	225
A.3.2 Bemessungsspannungen gleich oder größer 15 kV und kleiner 100 kV .....	229
A.4 Berechnungsbeispiele .....	229
A.4.1 Allgemeines.....	229
A.4.2 Prüfkreis mit Speise- und Leitungsseite mit Verzögerungszeit ( $L_{90}$ und $L_{75}$ für 245 kV, 50 kA, 50 Hz).....	230
A.4.3 Stromkreis mit Speiseseite mit Anfangseinschwingspannung, Leitungsseite mit Verzögerungszeit ( $L_{90}$ für 245 kV, 50 kA, 50 Hz).....	231
A.4.4 Stromkreis mit Speiseseite mit Verzögerungszeit, Leitungsseite ohne Verzögerungszeit ( $L_{90}$ für 245 kV, 50 kA, 50 Hz) – Berechnung mit einem vereinfachten Verfahren .....	231
Anhang B (normativ) Toleranzen von Messgrößen bei Typprüfungen.....	232
Anhang C (normativ) Aufzeichnungen und Berichte von Typprüfungen .....	243
C.1 Aufzunehmende Informationen und Ergebnisse .....	243
C.2 In die Typprüfberichte aufzunehmende Informationen.....	243
C.2.1 Allgemeines .....	243
C.2.2 Geprüftes Gerät.....	243

	Seite
C.2.3 Bemessungsdaten des Leistungsschalters einschließlich seiner Antriebe und Hilfseinrichtungen.....	244
C.2.4 Prüfbedingungen (für jede Prüfserie).....	244
C.2.5 Kurzschluss-Ein- und -Ausschaltprüfungen.....	244
C.2.6 Prüfung mit Kurzzeitstrom.....	245
C.2.7 Leerschaltung.....	245
C.2.8 Ein- und Ausschaltprüfungen unter Asynchronbedingungen.....	245
C.2.9 Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens.....	245
C.2.10 Oszillogramme und andere Aufzeichnungen.....	246
Anhang D (normativ) Bestimmung des Kurzschluss-Leistungsfaktors.....	247
D.1 Allgemeines.....	247
D.2 Verfahren I – Bestimmung aus der Gleichstromkomponente.....	247
D.2.1 Gleichung für die Gleichstromkomponente.....	247
D.2.2 Bestimmung des Phasenwinkels.....	247
D.3 Verfahren II – Bestimmung mit Pilotgenerator.....	248
Anhang E (normativ) Verfahren zur Ermittlung der unbeeinflussten Einschwingspannung.....	249
E.1 Allgemeines.....	249
E.2 Zeichnen der Hüllkurve.....	249
E.3 Bestimmung der Kenngrößen.....	250
Anhang F (normativ) Verfahren zur Ermittlung des Verlaufs der unbeeinflussten Einschwingspannung.....	253
F.1 Allgemeines.....	253
F.2 Allgemeine Zusammenfassung der empfohlenen Verfahren.....	254
F.3 Ausführliche Erläuterungen zu den empfohlenen Verfahren.....	255
F.3.1 Gruppe 1 – Direktes Ausschalten von Kurzschlussströmen.....	255
F.3.2 Gruppe 2 – Einspeisen eines betriebsfrequenten Stroms.....	258
F.3.3 Gruppe 3 – Einspeisen eines kapazitiven Schwingstroms.....	261
F.3.4 Gruppen 2 und 3 – Kalibriermethoden.....	263
F.3.5 Gruppe 4 – Modellnetze.....	265
F.3.6 Gruppe 5 – Berechnung aus den Stromkreisparametern.....	265
F.3.7 Gruppe 6 – Schalten unbelasteter Prüfkreise, die Transformatoren enthalten.....	265
F.3.8 Gruppe 7 – Kombination verschiedener Verfahren.....	265
F.4 Vergleich der Verfahren.....	266
Anhang G (informativ) Begründung für die Einführung von Leistungsschaltern der Klasse E2.....	270
Anhang H (informativ) Anforderungen an das Ausschalten von transformatorbegrenzten Kurzschlüssen durch Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung über 1 kV.....	271
H.1 Allgemeines.....	271
H.2 Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung bis 100 kV.....	272
H.3 Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung von 100 kV bis einschließlich 800 kV.....	275
H.4 Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung über 800 kV.....	275



	Seite
Anhang I (normativ) Anwendung der mechanischen Kennlinien und zugehörige Anforderungen.....	276
Anhang J (normativ) Anforderungen an Kurzschluss- und Schaltprüfverfahren von metallgekapselten Leistungsschaltern und Kesselleistungsschaltern .....	278
J.1 Allgemeines .....	278
J.2 Verringerte Anzahl von Einheiten für die Prüfungen .....	278
J.3 Prüfungen für einen Einzelpol in einem Gehäuse.....	279
J.3.1 Allgemeines .....	279
J.3.2 Klemmenkurzschlussprüfungen .....	279
J.3.2.1 Allgemeines .....	279
J.3.2.2 Elementprüfung .....	279
J.3.3 Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens .....	279
J.3.3.1 Allgemeines .....	279
J.3.3.2 Einpolige Prüfung von dreipoligen Leistungsschaltern .....	281
J.3.3.3 Elementprüfung .....	282
J.4 Prüfungen für drei Pole in einem Gehäuse .....	282
J.4.1 Klemmenkurzschlussprüfungen .....	282
J.4.2 Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens .....	282
Anhang K (normativ) Anforderungen an Leistungsschalter mit Ausschaltwiderständen.....	284
K.1 Allgemeines .....	284
K.2 Nachzuweisendes Schaltverhalten .....	284
K.2.1 Allgemeines .....	284
K.2.2 Prüfung der Hauptunterbrechereinheit.....	285
K.2.2.1 Klemmenkurzschlussprüfung und Schalten unter Asynchronbedingungen.....	285
K.2.2.2 Abstandskurzschlussprüfungen .....	290
K.2.2.3 Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens .....	292
K.2.3 Prüfung der Widerstandsunterbrechereinheit.....	294
K.2.3.1 Klemmenkurzschlussprüfungen und Schalten unter Asynchronbedingungen.....	294
K.2.3.2 Abstandskurzschlussprüfungen .....	295
K.2.3.3 Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens .....	296
K.2.4 Prüfung des Widerstandsstapels.....	296
K.3 Einfügezeit des Widerstandes .....	297
K.4 Stromtragendes Verhalten .....	297
K.5 Dielektrisches Verhalten.....	297
K.6 Mechanisches Verhalten .....	297
K.7 Anforderungen an die Auslegung von Ausschaltwiderständen.....	297
K.8 Beispiele für wiederkehrende Spannungswellenformen .....	297
K.8.1 Allgemeines .....	297
K.8.2 Klemmenkurzschluss.....	298
K.8.3 Ausschaltung von Freileitungsströmen .....	299
Anhang L (normativ) Nachweis des kapazitiven Schaltvermögens unter den Bedingungen ein- oder	

	Seite
zweiphasiger Erdschlüsse.....	301
L.1 Allgemeines.....	301
L.2 Prüfspannung.....	301
L.3 Prüfstrom.....	301
L.4 Prüfschaltfolge.....	301
L.5 Kriterien für das Bestehen der Prüfungen.....	302
Literaturhinweise .....	303
<b>Bilder</b>	
Bild 1 – Typisches Oszillogramm eines Ein-Aus-Schaltspiels bei einem dreiphasigen Kurzschluss .....	31
Bild 2 – Aus- und Einschaltung eines Leistungsschalters ohne Schaltwiderstände .....	33
Bild 3 – Ein-Aus-Schaltspiel eines Leistungsschalters ohne Schaltwiderstände .....	34
Bild 4 – Leistungsschalter ohne Schaltwiderstände – Wiedereinschaltung (selbsttätige Wiedereinschaltung).....	35
Bild 5 – Aus- und Einschaltung eines Leistungsschalters mit Schaltwiderständen .....	36
Bild 6 – Leistungsschalter mit Schaltwiderständen – Ein-Aus-Schaltspiel.....	37
Bild 7 – Leistungsschalter mit Schaltwiderständen – Wiedereinschaltung (selbsttätige Wiedereinschaltung) .....	38
Bild 8 – Bestimmung der Kurzschlussein- und -ausschaltströme und der bezogenen Gleichstromkomponente .....	52
Bild 9 – Bezogene Gleichstromkomponente als Funktion des Zeitintervalls ab Beginn des Kurzschlusses für die verschiedenen Zeitkonstanten.....	54
Bild 10 – Beispiel für die Messung der Windgeschwindigkeit .....	84
Bild 11 – Prüffolge für die Prüfung bei unterer Grenztemperatur.....	86
Bild 12 – Prüffolge für die Prüfung bei oberer Grenztemperatur.....	87
Bild 13 – Feuchteprüfung .....	89
Bild 14 – Bezugskennlinie (idealisierte Verlauf) der mechanischen Bewegung .....	93
Bild 15 – 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 .....	94
Bild 16 – 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 .....	94
Bild 17 – 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 .....	95
Bild 18 – Gleichwertiger Prüfaufbau für die Prüfung einer einzelnen Unterbrechereinheit von Leistungsschaltern mit mehr als einer getrennten Unterbrechereinheit .....	97
Bild 19 – Erdung von Prüfkreisen für einphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor des erstlöschenden Pols 1,5.....	98
Bild 20 – Erdung von Prüfkreisen für einphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor des erstlöschenden Pols 1,3.....	98
Bild 21 – Prüfkreis unter Asynchronbedingungen für einpolige Prüfungen.....	99
Bild 22 – Prüfkreis unter Asynchronbedingungen mit zwei Spannungen, die um 120 elektrische Grade verschoben sind .....	99

	Seite
Bild 23 – Prüfkreis unter Asynchronbedingungen mit einem geerdeten Anschluss des Leistungsschalters (nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber).....	99
Bild 24 – Beispiel für eine unbeeinflusste Einschwingspannung des Prüfkreises mit Vier-Parameter-Hüllkurve, die den Bedingungen für die Typprüfung genügt: Fall einer festgelegten Einschwingspannung mit Vier-Parameter-Referenzlinienzug.....	100
Bild 25 – Beispiel für eine unbeeinflusste Einschwingspannung des Prüfkreises mit Zwei-Parameter-Hüllkurve, die den Bedingungen für die Typprüfung genügt: Fall einer festgelegten Einschwingspannung mit Zwei-Parameter-Referenzlinienzug.....	101
Bild 26 – Beispiel für die Kurvenverläufe der Einschwingspannungen und deren kombinierte Hüllkurve bei Durchführung der Prüfungen in zwei Teilen.....	102
Bild 27 – Grafische Darstellung der Zeitkenngößen zum Nachweis der Lichtbogenzeiten in dreiphasigen Prüfungen der Prüfschaltfolge T100a.....	109
Bild 28 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige symmetrische Ausschaltungen für $k_{pp} = 1,5$ .....	110
Bild 29 – Grafische Darstellung von drei gültigen symmetrischen Ausschaltungen für $k_{pp} = 1,2$ oder $1,3$ .....	111
Bild 30 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige asymmetrische Ausschaltungen für $k_{pp} = 1,5$ .....	115
Bild 31 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige asymmetrische Ausschaltungen für $k_{pp} = 1,2$ oder $1,3$ .....	116
Bild 32 – Grafische Darstellung von drei gültigen symmetrischen Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen für $k_{pp} = 1,5$ .....	120
Bild 33 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige symmetrische Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen für $k_{pp} = 1,2$ oder $1,3$ .....	121
Bild 34 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige asymmetrische Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen für $k_{pp} = 1,5$ .....	123
Bild 35 – Grafische Darstellung eines Beispiels für drei gültige asymmetrische Ausschaltungen bei einphasigen Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Bedingungen für $k_{pp} = 1,2$ und $1,3$ .....	124
Bild 36 – Grafische 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.....	126
Bild 37 – Grafische 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.....	126
Bild 38 – Grafische 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.....	127
Bild 39 – Erdung von Prüfkreisen für dreiphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor des erstlöschenden Pols 1,5.....	129
Bild 40 – Erdung von Prüfkreisen für dreiphasige Kurzschlussprüfungen, Polfaktor des erstlöschenden Pols 1,3.....	129
Bild 42 – Darstellung einer festgelegten Vier-Parameter-Einschwingspannung und einer Verzögerungslinie für T100, T60, Abstandskurzschluss und für das Schalten unter Asynchronbedingungen.....	133
Bild 43 – Darstellung einer festgelegten Einschwingspannung durch eine Zwei-Parameter-Bezugslinie und eine Verzögerungslinie.....	134

	Seite
Bild 44 – Grundlegender Klemmenkurzschlusskreis mit Anfangseinschwingspannung.....	134
Bild 45 – Darstellung der Anfangseinschwingspannung mit dem weiteren Verlauf der Einschwingspannung .....	135
Bild 46 – Beispiel für einen leitungsseitigen Spannungsverlauf mit Verzögerungszeit und mit nichtlinearem Spannungsanstieg.....	149
Bild 47 – Bestimmung der betriebsfrequenten wiederkehrenden Spannung.....	156
Bild 48 – Erfordernis zusätzlicher einphasiger Prüfungen und Prüfanforderungen .....	165
Bild 49 – Grundlegender Prüfkreis für Abstandskurzschlussprüfungen und unbeeinflusste Einschwingspannung – Prüfkreis Typ a) nach 7.109.3: Speiseseite und Leitungsseite mit Verzögerungszeit .....	169
Bild 50 – Grundlegender Prüfkreis für Abstandskurzschlussprüfungen – Prüfkreis Typ b1) nach 7.109.3: Speiseseite mit Anfangseinschwingspannung und Leitungsseite mit Verzögerungszeit .....	170
Bild 51 – Grundlegender Prüfkreis für Abstandskurzschlussprüfungen – Prüfkreis Typ b2) nach 7.109.3: Speiseseite mit Verzögerungszeit und Leitungsseite ohne Verzögerungszeit.....	171
Bild 52 – Beispiel für einen leitungsseitigen Spannungsverlauf mit Verzögerungszeit.....	172
Bild 53 – Flussdiagramm für die Auswahl des Prüfkreises für Abstandskurzschlussprüfungen für Leistungsschalter der Klasse S2 und für Leistungsschalter mit einer Bemessungsspannung von 100 kV und darüber.....	173
Bild 54 – Kompensation einer Überschreitung der speiseseitigen Verzögerungszeit durch eine Vergrößerung der leitungsseitigen Spannung .....	175
Bild 55 – Einschwingspannung bei der Prüfung des kapazitiven Schaltvermögens.....	192
Bild 56 – Verfahren zur Umstufung eines Leistungsschalters beim Schalten von Freileitungs- und Kabelströmen .....	195
Bild 57 – Verfahren zur Umstufung eines Leistungsschalters beim Schalten von Kondensatorbatterieströmen.....	196
Bild A.1 – Typischer Verlauf der speiseseitigen und der leitungsseitigen Einschwingspannung – Leitungsseite und Speiseseite mit Verzögerungszeit .....	224
Bild A.2 – Tatsächlicher Verlauf der speiseseitigen Einschwingspannung für Abstandskurzschlüsse L <sub>90</sub> , L <sub>75</sub> und L <sub>60</sub> .....	227
Bild A.3 – Typischer Verlauf der speiseseitigen und der leitungsseitigen Einschwingspannung – Leitungsseite und Speiseseite mit Verzögerungszeit, Speiseseite mit Anfangseinschwingspannung .....	229
Bild E.1 – Vier-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 1).....	251
Bild E.2 – Vier-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 2).....	251
Bild E.3 – Vier-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 3) i).....	252
Bild E.4 – Zwei-Parameter-Darstellung einer unbeeinflussten Einschwingspannung eines Prüfkreises – Fall nach E.2 c) 3) ii).....	252
Bild F.1 – Einfluss der Minderung (Depression) auf den Scheitelwert der Einschwingspannung .....	253
Bild F.2 – Ausschaltung mit Lichtbogenspannung .....	255
Bild F.3 – Einschwingspannung bei idealer Ausschaltung.....	256
Bild F.4 – Ausschaltung mit ausgeprägtem vorzeitigem Stromnulldurchgang.....	256
Bild F.5 – Vergleich von unbeeinflusstem und beeinflusstem Verlauf des Stroms und der	

	Seite
Einschwingspannung.....	257
Bild F.6 – Ausschaltung mit Nachstrom.....	258
Bild F.7 – Prinzipschaltbild für die Einspeisung eines betriebsfrequenten Stroms .....	259
Bild F.8 – Zeitlicher Ablauf des Messvorgangs bei der Einspeisung eines betriebsfrequenten Stroms .....	260
Bild F.9 – Prinzipschaltbild für die Einspeisung eines kapazitiven Schwingstroms .....	262
Bild F.10 – Zeitlicher Ablauf des Messvorgangs bei der Einspeisung eines kapazitiven Schwingstroms .....	263
Bild H.1 – Erstes Beispiel für einen transformatorbegrenzten Kurzschluss (auch als transformatorgespeicher Kurzschluss bezeichnet) .....	271
Bild H.2 – Zweites Beispiel für einen transformatorbegrenzten Kurzschluss (auch als Kurzschluss auf der Unterspannungsseite von Transformatoren bezeichnet) .....	272
Bild J.1 – In den Tabellen J.1, J.2 und J.3 betrachtete Prüfanordnung.....	280
Bild K.1 – Typische Netzschaltung für die Unterbrechung mit einem Leistungsschalter mit Ausschaltwiderstand.....	284
Bild K.2 – Prüfkreis für Prüfschaltfolgen T60 und T100.....	286
Bild K.3 – Prüfkreis für Prüfschaltfolgen T10, T30 und OP2 .....	286
Bild K.4 – Beispiel für eine gedämpfte Einschwingspannung für T100s(b), $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$ , $I_{sc} = 50\ \text{kA}$ , $f_r = 50\ \text{Hz}$ .....	289
Bild K.5 – Beispiel für eine aperiodische Einschwingspannung für T10, $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$ , $I_{sc} = 50\ \text{kA}$ , $f_r = 50\ \text{Hz}$ .....	290
Bild K.6 – Beispiel für einen Prüfkreis für die Prüfschaltfolge Abstandskurzschluss $L_{90}$ .....	291
Bild K.7 – Beispiel für eine Leitungsnachbildung für die Prüfschaltfolge Abstandskurzschluss $L_{90}$ für $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$ , $I_{sc} = 50\ \text{kA}$ und $f_r = 50\ \text{Hz}$ .....	292
Bild K.8 – Typische Wellenform einer wiederkehrenden Spannung für eine kapazitive Prüfung an einem Leistungsschalter mit Ausschaltwiderstand.....	294
Bild K.9 – Typische Wellenformen einer wiederkehrenden Spannung bei der Prüfschaltfolge T10 (für $U_r = 1\ 100\ \text{kV}$ , $I_{sc} = 50\ \text{kA}$ und $f_r = 50\ \text{Hz}$ ) an der Widerstandsunterbrechereinheit eines Leistungsschalters mit Ausschaltwiderstand .....	295
Bild K.10 – Wellenformen der Einschwingspannungen für hohe Kurzschlussströme bei Ausschaltungen .....	298
Bild K.11 – Ströme im Fall hoher Kurzschlussströme bei Ausschaltungen.....	298
Bild K.12 – Wellenformen der Einschwingspannungen für niedrige Kurzschlussströme bei Ausschaltungen .....	299
Bild K.13 – Ströme im Fall niedriger Kurzschlussströme bei Ausschaltungen .....	299
Bild K.14 – Spannungswellenformen für Ausschaltungen von Freileitungsströmen .....	300
Bild K.15 – Stromwellenformen für Ausschaltungen von Freileitungsströmen.....	300
<b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Vorzugswerte für die Bemessungsgrößen kapazitiver Ströme.....	57
Tabelle 2 – Anzahl mechanischer Schalthandlungen.....	58
Tabelle 3 – Informationen auf Leistungsschildern .....	62
Tabelle 4 – Beispiele für statische horizontale und vertikale Kräfte für die Prüfung der statischen Last an Anschlussklemmen.....	66

	Seite
Tabelle 5 – Typprüfungen.....	67
Tabelle 6 – Ungültige Prüfungen.....	69
Tabelle 7 – Prüfanforderungen für Spannungsprüfungen als Zustandsüberprüfung für Leistungsschalter gasisolierter Schaltanlagen und Kesselleistungsschalter.....	72
Tabelle 8 – Anzahl der Schaltfolgen.....	81
Tabelle 9 – 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.....	112
Tabelle 10 – 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.....	113
Tabelle 11 – Parameter der Einschwingspannung für einphasige Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Prüfungen zum Nachweis der Unterbrechung des zweitlöschenden Pols für $k_{pp} = 1,3$ .....	117
Tabelle 12 – Parameter der Einschwingspannung für einphasige Prüfungen als Ersatz für dreiphasige Prüfungen zum Nachweis der Unterbrechung des drittlöschenden Pols für $k_{pp} = 1,3$ .....	118
Tabelle 13 – Normwerte der Faktoren für die Einschwingspannung für den zweit- und drittlöschenden Pol.....	125
Tabelle 14 – Lichtbogenfenster für Prüfungen mit symmetrischem Strom.....	125
Tabelle 15 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter der Klasse S1 mit Bemessung für $k_{pp} = 1,5$ .....	136
Tabelle 16 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter der Klasse S1 mit Bemessung für $k_{pp} = 1,3$ .....	138
Tabelle 17 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter der Klasse S2 mit Bemessung für $k_{pp} = 1,5$ .....	139
Tabelle 18 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter der Klasse S2 mit Bemessung für $k_{pp} = 1,3$ .....	141
Tabelle 19 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter mit Bemessung für $k_{pp} = 1,2$ oder $1,3$ – Bemessungsspannungen von 100 kV und darüber.....	145
Tabelle 20 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter mit Bemessung für $k_{pp} = 1,5$ – Bemessungsspannungen von 100 kV bis 170 kV.....	147
Tabelle 21 – Werte der Leitungskenngrößen für Abstandskurzschlüsse.....	148
Tabelle 22 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Prüfungen unter Asynchronbedingungen an Leistungsschaltern der Klasse S1 für $k_{pp} = 2,5$ .....	151
Tabelle 23 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Prüfungen unter Asynchronbedingungen an Leistungsschaltern der Klasse S2 für $k_{pp} = 2,5$ .....	152
Tabelle 24 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Prüfungen unter Asynchronbedingungen an Leistungsschaltern der Klasse S1 für $k_{pp} = 2,0$ .....	152
Tabelle 25 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Prüfungen unter Asynchronbedingungen an Leistungsschaltern der Klasse S2 für $k_{pp} = 2,0$ .....	153
Tabelle 26 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Prüfungen unter Asynchronbedingungen an Leistungsschaltern mit Bemessung für $k_{pp} = 2,5$ – Bemessungsspannungen von 100 kV bis 170 kV.....	153
Tabelle 27 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Prüfungen unter	

	Seite
Asynchronbedingungen an Leistungsschaltern mit Bemessung für $k_{pp} = 2,0$ – Bemessungsspannungen von 100 kV und darüber .....	154
Tabelle 28 – Normwerte der Anfangseinschwingspannung – Bemessungsspannungen von 100 kV und darüber .....	157
Tabelle 29 – Parameter der Einschwingspannung bei einphasiger Kurzschlussprüfung und Doppelerschlussprüfung.....	166
Tabelle 30 – Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung des Speisekreises für Abstandskurzschlussprüfungen .....	177
Tabelle 31 – Prüfschaltfolgen zum Nachweis der Bemessungswerte unter Asynchronbedingungen .....	179
Tabelle 32 – Festgelegte Werte für $u_1$ , $t_1$ , $u_c$ und $t_2$ .....	182
Tabelle 33 – Gemeinsame Anforderungen für die Prüfschaltfolgen.....	184
Tabelle 34 – Schaltfolge für die Prüfung zur elektrischen Lebensdauer an Leistungsschaltern der Klasse E2, die für den Betrieb mit selbsttätigem Wiedereinschalten bestimmt sind .....	197
Tabelle 35 – Anlegen der Spannung bei der Spannungsprüfung der Hauptstrombahn .....	198
Tabelle A.1 – Verhältnisse von Spannungsfall und speiseseitiger Einschwingspannung.....	224
Tabelle B.1 – Toleranzen von Messgrößen bei Typprüfungen .....	233
Tabelle F.1 – Vergleich der Verfahren zur Ermittlung der unbeeinflussten Einschwingspannung .....	267
Tabelle H.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 .....	273
Tabelle H.2 – 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 .....	274
Tabelle H.3 – Geforderte Werte der unbeeinflussten Einschwingspannung für Leistungsschalter, die über eine kapazitätsarme Verbindung an einen Transformator angeschlossen werden – Bemessungsspannung über 800 kV .....	275
Tabelle J.1 – Dreiphasiges Schalten kapazitiver Ströme unter Betriebsbedingungen: Speiseseitige, lastseitige und wiederkehrende Spannungen .....	280
Tabelle J.2 – Entsprechende Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens nach 7.111.7 für einphasige Laborprüfungen Werte der speiseseitigen, lastseitigen und wiederkehrenden Spannungen .....	281
Tabelle J.3 – Prüfungen des kapazitiven Schaltvermögens unter tatsächlichen Betriebsbedingungen – Typische Größtwerte der Spannung .....	283
Tabelle K.1 – Ergebnisse der Berechnung der Einschwingspannung für Klemmenkurzschlüsse und Asynchronbedingungen.....	288
Tabelle K.2 – Ergebnisse der Einschwingspannungsberechnung für Prüfschaltfolge L <sub>90</sub> .....	292
Tabelle K.3 – Ergebnisse der Einschwingspannungsberechnungen für Prüfschaltfolge T10.....	295