

**Inhalt**

	Seite
Vorwort .....	2
1 Anwendungsbereich .....	9
2 Normative Verweisungen .....	9
3 Begriffe .....	9
4 Synthetische Prüftechniken und Verfahren für Kurzschluss-Ausschaltprüfungen.....	11
4.1 Grundlagen und allgemeine Anforderungen für synthetische Ausschaltprüfverfahren .....	11
4.1.1 Allgemeines.....	11
4.1.2 Hochstrom-Intervall .....	12
4.1.3 Wechselwirkungs-Intervall .....	12
4.1.4 Hochspannungs-Intervall .....	13
4.2 Synthetische Prüfkreise und hierauf bezogene wesentliche Anforderungen für Ausschaltprüfungen .....	14
4.2.1 Stromüberlagerungsverfahren .....	14
4.2.2 Spannungsüberlagerungsverfahren.....	15
4.2.3 Doppelkreisverfahren (Transformator- oder Skeats-Kreis).....	15
4.2.4 Andere synthetische Prüfverfahren.....	16
4.3 Dreiphasige synthetische Prüfverfahren .....	16
5 Synthetische Prüftechniken und Verfahren für Kurzschluss-Einschaltprüfungen.....	19
5.1 Grundlagen und allgemeine Anforderungen für synthetische Einschaltprüfverfahren .....	19
5.1.1 Allgemeines.....	19
5.1.2 Hochspannungs-Intervall .....	19
5.1.3 Vorzünd-Intervall .....	19
5.1.4 Verklüppungs-Intervall und vollständig geschlossene Stellung .....	20
5.2 Synthetischer Prüfkreis und hierauf bezogene wesentliche Anforderungen für Einschaltprüfungen .....	20
5.2.1 Allgemeines.....	20
5.2.2 Prüfkreis .....	20
5.2.3 Besondere Anforderungen .....	20
6 Besondere Anforderungen für die Durchführung synthetischer Einschalt- und Ausschaltprüfungen im Hinblick auf die Anforderungen in IEC 62271-100:2008, 6.102 bis 6.111 .....	21
6.102.10 Nachweis der Lichtbogenzeiten .....	21
6.106 Standard-Kurzschlussprüfschaltfolgen .....	25
6.106.1 Prüfschaltfolge T10 .....	25
6.106.2 Prüfschaltfolge T30 .....	25
6.106.3 Prüfschaltfolge T60 .....	25
6.106.4 Prüfschaltfolge T100s .....	25
6.106.5 Prüfschaltfolge T100a .....	29
6.108 Einphasige Prüfungen und Prüfungen mit Doppelerdschluss .....	30

	Seite
6.109 Abstandskurzschlussprüfungen .....	30
6.110 Einschalt- und Ausschaltprüfungen unter Asynchronbedingungen .....	31
6.111 Prüfungen zum Schalten kapazitiver Ströme .....	33
6.111.2 Allgemeines .....	33
6.111.3 Eigenschaften der Speisekreise .....	33
6.111.7 Prüfspannung .....	33
Anhang A (informativ) Stromverzerrung .....	43
Anhang B (informativ) Stromüberlagerungsverfahren .....	59
Anhang C (informativ) Spannungsüberlagerungsverfahren .....	63
Anhang D (informativ) Skeats- oder Doppeltransformatorkreis .....	66
Anhang E (normativ) Angaben für synthetische Prüfungen und Aufzeichnungen der Ergebnisse .....	69
Anhang F (normativ) Synthetische Prüfverfahren für Leistungsschalter mit Ausschaltwiderständen .....	70
Anhang G (informativ) Synthetische Verfahren zum Schalten kapazitiver Ströme .....	78
Anhang H (informativ) Fortzündverfahren zur Verlängerung der Lichtbogenzeit .....	90
Anhang I (normativ) Verringerung der Stromsteilheit $di/dt$ und der Einschwingspannung TRV für die Prüfschaltfolge T100a .....	93
Anhang J (informativ) Dreiphasige synthetische Prüfkreise .....	103
Anhang K (normativ) Prüfverfahren mit dreiphasigem Hochstromkreis und einem Hochspannungskreis .....	110
Anhang L (normativ) Aufteilung der Prüfschaltfolgen in Prüfreihen mit der Einschwingspannung je Pol, die der Löschofolge entspricht .....	130
Anhang M (normativ) Toleranzen von Prüfgrößen für Typprüfungen .....	155
Anhang N (informativ) Typische Prüfkreise für metallgekapselte Leistungsschalter und Kesselleistungsschalter .....	158
Anhang O (informativ) Kombination von Stromüberlagerungs- und Spannungsüberlagerungsverfahren .....	168
Literaturhinweise .....	171
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen .....	172

## **Bilder**

Bild 1 – Ausschaltvorgang – Grundlegende Zeitintervalle .....	34
Bild 2 – Beispiele für die Auswertung der Wiederkehrspannung .....	35
Bild 3 – Ersatz-Wellenwiderstand des Hochspannungskreises der Prüfschaltung mit Stromüberlagerung .....	36
Bild 4 – Einschaltvorgang – Grundlegende Zeitintervalle .....	37
Bild 5 – Typischer synthetischer Einschaltkreis für einphasige Prüfungen .....	38
Bild 6 – Typischer synthetischer Einschaltkreis für Asynchronbedingungen .....	39
Bild 7 – Typischer synthetischer Einschaltkreis für dreiphasige Prüfungen ( $k_{pp} = 1,5$ ) .....	40
Bild 8 – Vergleich der Einstellungen der Lichtbogenzeiten bei dreiphasigen direkten (links) und dreiphasigen synthetischen Prüfungen (rechts) für T100s mit dem Polfaktor $k_{pp} = 1,5$ .....	41

	Seite
Bild 9 – Vergleich der Einstellungen der Lichtbogenzeiten bei dreiphasigen direkten (links) und dreiphasigen synthetischen Prüfungen (rechts) für T100a mit dem Polfaktor $k_{pp} = 1,5$ .....	42
Bild A.1 – Direkter Prüfkreis, vereinfachtes Schaltbild .....	50
Bild A.2 – Unbeeinflusster Kurzschlussstrom.....	50
Bild A.3 – Verzerrungsstrom.....	50
Bild A.4 – Verzerrungsstrom.....	51
Bild A.5 – Prüfkreis, vereinfachtes Schaltbild.....	52
Bild A.6 – Verlauf des Stroms und der Lichtbogenspannung bei symmetrischem Strom.....	53
Bild A.7 – Verlauf des Stroms und der Lichtbogenspannung bei asymmetrischem Strom.....	54
Bild A.8 – Minderung der Stromamplitude und der Dauer der letzten Stromhalbwelle vor der Löschung.....	55
Bild A.9 – Minderung der Stromamplitude und der Dauer der letzten Stromhalbwelle vor der Löschung.....	56
Bild A.10 – Minderung der Stromamplitude und der Dauer der letzten Stromhalbwelle vor der Löschung.....	57
Bild A.11 – Minderung der Stromamplitude und der Dauer der letzten Stromhalbwelle vor der Löschung.....	58
Bild B.1 – Typischer Stromüberlagerungskreis mit dem Hochspannungskreis parallel zum Prüfschalter .....	61
Bild B.2 – Zeitablauf der Stromüberlagerung nach Bild B.1.....	61
Bild B.3 – Beispiele zur Bestimmung des Zeitintervalls der deutlichen Änderung der Lichtbogenspannung aus dem Oszillogramm.....	62
Bild C.1 – Typischer Spannungsüberlagerungskreis mit dem Hochspannungskreis parallel zum Hilfsschalter (vereinfachtes Schaltbild) .....	64
Bild C.2 – Verlauf der Einschwingspannung in einem Spannungsüberlagerungskreis mit dem Hochspannungskreis parallel zum Hilfsschalter .....	65
Bild D.1 – Transformator- oder Skeats-Kreis .....	67
Bild D.2 – Getriggelter Transformator- oder Skeats-Kreis .....	68
Bild F.1 – Prüfkreis zum Nachweis des thermischen Wiederezündverhaltens der Hauptunterbrechereinheit.....	74
Bild F.2 – Prüfkreis zum Nachweis des dielektrischen Wiederezündverhaltens der Hauptunterbrechereinheit.....	75
Bild F.3 – Prüfkreis für die Widerstandsunterbrechereinheit.....	76
Bild F.4 – Beispiel für einen Prüfkreis für kapazitive Schaltleistungsprüfungen an der Hauptunterbrechereinheit.....	77
Bild F.5 – Beispiel für einen Prüfkreis für kapazitive Schaltleistungsprüfungen an der Widerstandsunterbrechereinheit .....	77
Bild G.1 – Kapazitive Stromkreise in Parallelschaltung .....	81
Bild G.2 – Prüfkreis mit Stromüberlagerung.....	82
Bild G.3 – LC-Schwingkreis.....	83
Bild G.4 – Induktiver Stromkreis parallel zu einem LC-Schwingkreis .....	84
Bild G.5 – Stromüberlagerungskreis zur Beanspruchung beider Klemmen des Prüfschalters mit der normalen Netzwiederkehrspannung .....	85

	Seite
Bild G.6 – Synthetischer Prüfkreis in Reihenschaltung zur Beanspruchung beider Seiten des Prüfschalters mit der normalen Netzwiederkehrspannung .....	86
Bild G.7 – Stromüberlagerungskreis zur Beanspruchung beider Seiten des Prüfschalters mit der Netzwiederkehrspannung.....	87
Bild G.8 – Prüfkreis für Einschaltungen.....	88
Bild G.9 – Prüfkreis für kapazitive Einschaltungen mit Inrush-Einschaltstrom.....	89
Bild H.1 – Typischer Fortzündkreis zur Verlängerung der Lichtbogenzeit .....	91
Bild H.2 – Kombiniertes Skeats- und Stromüberlagerungskreis .....	91
Bild H.3 – Typischer Strom- und Spannungsverlauf einer asymmetrischen Prüfung mit dem Prüfkreis nach Bild H.2.....	92
Bild J.1 – Dreiphasiger synthetischer kombinierter Prüfkreis .....	105
Bild J.2 – Strom- und Spannungsverläufe (Leiter–Erde und Leiter–Leiter) bei einer dreiphasigen synthetischen Prüfung (T100s; $k_{pp} = 1,5$ ), die mit dem dreiphasigen synthetischen kombinierten Prüfkreis durchgeführt wurde.....	106
Bild J.3 – Dreiphasiger synthetischer Prüfkreis mit Stromüberlagerung in allen Phasen bei einem Polfaktor von $k_{pp} = 1,5$ .....	107
Bild J.4 – Strom- und Spannungsverläufe (Leiter–Erde) bei einer dreiphasigen synthetischen Prüfung (T100s; $k_{pp} = 1,5$ ), durchgeführt mit dreiphasigem synthetischem Prüfkreis mit Stromüberlagerung in allen Phasen .....	108
Bild J.5 – Dreiphasiger synthetischer Prüfkreis für Klemmenkurzschlussprüfungen bei einem Polfaktor von $k_{pp} = 1,3$ (Stromüberlagerungsverfahren) .....	108
Bild J.6 – Strom- und Spannungsverläufe (Leiter–Erde und Leiter–Leiter) bei einer dreiphasigen synthetischen Prüfung (T100s; $k_{pp} = 1,3$ ), durchgeführt mit einem dreiphasigen synthetischen Prüfkreis nach Bild J.5.....	109
Bild J.7 – Verläufe der Einschwingspannungen bei dem in Bild J.5 beschriebenen Prüfkreis .....	109
Bild K.1 – Beispiel eines dreiphasigen Hochstromkreises mit einphasiger Synthetik (Stromüberlagerung) .....	121
Bild K.2 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.1 .....	122
Bild K.3 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.2 .....	123
Bild K.4 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.3 .....	124
Bild K.5 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.4 .....	125
Bild K.6 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.5 .....	126
Bild K.7 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.6 .....	127
Bild K.8 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.7 .....	128
Bild K.9 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.8 .....	129
Bild L.1 – Grafische Darstellung der Prüfung nach Tabelle L.6 .....	141
Bild L.2 – Grafische Darstellung der Prüfung nach Tabelle L.7 .....	142
Bild N.1 – Prüfkreis zur Prüfung von Schalteinheiten (Leistungsschalter mit einem von der Wirkung der Gasströmung abhängigen Schaltverhalten).....	159
Bild N.2 – Halbpolfprüfung eines Leistungsschalters in einem Prüfkreis nach Bild N.1 – Beispiel der geforderten Einschwingspannungen (TRVs), die zwischen den Anschlüssen der zu prüfenden Schalteinheit/en und zwischen den unter Spannung stehenden Teilen und der isolierten Kapselung anliegen .....	160

Bild N.3 – Synthetischer Prüfkreis zur Prüfung einer Schalteinheit (falls die Prüfung einer Schalteinheit nach IEC 62271-100:2008, 6.102.4.2, erlaubt ist) .....	161
Bild N.4 – Halbpolprüfung eines Leistungsschalters in einem Prüfkreis nach Bild N.3 – Beispiel der geforderten Einschwingspannungen (TRVs), die zwischen den Anschlüssen der zu prüfenden Schalteinheit/en und zwischen den unter Spannung stehenden Teilen und der isolierten Kapselung anliegen .....	162
Bild N.5 – Kapazitiver Stromüberlagerungskreis mit Einspeisung auf die Kapselung des Leistungsschalters .....	163
Bild N.6 – Kapazitiver synthetischer Prüfkreis mit zwei betriebsfrequenten Quellen und mit unter Spannung stehender Kapselung des Leistungsschalters .....	164
Bild N.7 – Kapazitiver synthetischer Stromüberlagerungs-Prüfkreis – Beispiel zum Prüfen einer Schalteinheit an einem Halbpol eines Leistungsschalters mit zwei Schalteinheiten pro Pol – Mit einer an der Kapselung angeschlossenen Gleichspannungsquelle .....	165
Bild N.8 – Symmetrischer synthetischer Prüfkreis zum Prüfen des Ausschaltvermögens unter Asynchronbedingungen an einem vollständigen Leistungsschaltpol .....	166
Bild N.9 – Prüfung an einem vollständigen Leistungsschaltpol mit an beiden Anschlüssen und der metallischen Kapselung angelegter Spannung .....	167
Bild O.1 – Beispiel eines kombinierten Strom- und Spannungsüberlagerungskreises mit voller Prüfspannung gegen Erde .....	169
Bild O.2 – Beispiel eines kombinierten Strom- und Spannungsüberlagerungskreises mit aufgeteilter Prüfspannung .....	170
<b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Prüfkreise für die Prüfschaltfolgen T100s und T100a .....	17
Tabelle 2 – Prüfparameter bei dreiphasigen Ausschaltungen für die Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s, $k_{pp} = 1,5$ .....	17
Tabelle 3 – Prüfparameter bei dreiphasigen Ausschaltungen für die Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s, $k_{pp} = 1,3$ .....	18
Tabelle 4 – Prüfparameter bei dreiphasigen Ausschaltungen für die Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s, $k_{pp} = 1,2$ .....	18
Tabelle 5 – Schaltfolgen für die synthetische Prüfung der Prüfschaltfolgen T10, T30, T60, T100s, T100a, SP, DEF, OP und SLF .....	32
Tabelle I.1 – Verringerung der Stromsteilheit $di/dt$ der letzten Stromhalbwellen für 50 Hz für $k_{pp} = 1,3$ und $1,5$ .....	94
Tabelle I.2 – Verringerung der Stromsteilheit $di/dt$ der letzten Stromhalbwellen für 50 Hz für $k_{pp} = 1,2$ .....	95
Tabelle I.3 – Verringerung der Stromsteilheit $di/dt$ der letzten Stromhalbwellen für 60 Hz für $k_{pp} = 1,3$ und $1,5$ .....	96
Tabelle I.4 – Verringerung der Stromsteilheit $di/dt$ der letzten Stromhalbwellen für 60 Hz für $k_{pp} = 1,2$ .....	97
Tabelle I.5 – Korrigierte Werte der Einschwingspannung für $k_{pp} = 1,3$ und $f_T = 50$ Hz .....	98
Tabelle I.6 – Korrigierte Werte der Einschwingspannung für $k_{pp} = 1,3$ und $f_T = 60$ Hz .....	99
Tabelle I.7 – Korrigierte Werte der Einschwingspannung für $k_{pp} = 1,5$ und $f_T = 50$ Hz .....	100
Tabelle I.8 – Korrigierte Werte der Einschwingspannung für $k_{pp} = 1,5$ und $f_T = 60$ Hz .....	101
Tabelle I.9 – Korrigierte Werte der Einschwingspannung für $k_{pp} = 1,2$ und $f_T = 50$ Hz .....	101
Tabelle I.10 – Korrigierte Werte der Einschwingspannung für $k_{pp} = 1,2$ und $f_T = 60$ Hz .....	102

	Seite
Tabelle K.1 – Nachweis der Lichtbogenzeiten für $k_{pp} = 1,5$ .....	111
Tabelle K.2 – Alternativer Nachweis der Lichtbogenzeiten für $k_{pp} = 1,5$ .....	112
Tabelle K.3 – Nachweis der Lichtbogenzeiten für $k_{pp} = 1,3$ .....	113
Tabelle K.4 – Alternativer Nachweis der Lichtbogenzeiten für $k_{pp} = 1,3$ .....	114
Tabelle K.5 – Nachweis der Lichtbogenzeiten für $k_{pp} = 1,5$ .....	115
Tabelle K.6 – Alternativer Nachweis der Lichtbogenzeiten für $k_{pp} = 1,5$ .....	116
Tabelle K.7 – Nachweis der Lichtbogenzeiten für $k_{pp} = 1,3$ .....	117
Tabelle K.8 – Alternativer Nachweis der Lichtbogenzeiten für $k_{pp} = 1,3$ .....	118
Tabelle K.9 – Vorgehen, um die Polfaktoren $k_{pp} = 1,5$ und $1,3$ während der Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s(b) zu kombinieren .....	119
Tabelle K.10 – Vorgehen, um die Polfaktoren $k_{pp} = 1,3$ und $1,5$ während der Prüfschaltfolge T100a zu kombinieren .....	120
Tabelle L.1 – Prüfverfahren für $k_{pp} = 1,5$ .....	133
Tabelle L.2 – Prüfverfahren für $k_{pp} = 1,3$ .....	134
Tabelle L.3 – Vereinfachtes Prüfverfahren für $k_{pp} = 1,3$ .....	135
Tabelle L.4 – Prüfverfahren für $k_{pp} = 1,2$ .....	136
Tabelle L.5 – Vereinfachtes Prüfverfahren für $k_{pp} = 1,2$ .....	137
Tabelle L.6 – Prüfverfahren für asymmetrische Ströme bei $k_{pp} = 1,5$ .....	138
Tabelle L.7 – Prüfverfahren für asymmetrische Ströme bei $k_{pp} = 1,3$ .....	139
Tabelle L.8 – Prüfverfahren für asymmetrische Ströme bei $k_{pp} = 1,2$ .....	140
Tabelle L.9 – Erforderliche Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,5$ für den erstlöschenden Pol, $f_r = 50$ Hz .....	143
Tabelle L.10 – Erforderliche Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,3$ für den erstlöschenden Pol, $f_r = 50$ Hz .....	145
Tabelle L.11 – Erforderliche Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,2$ für den erstlöschenden Pol, $f_r = 50$ Hz .....	147
Tabelle L.12 – Erforderliche Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,5$ für den erstlöschenden Pol, $f_r = 60$ Hz .....	148
Tabelle L.13 – Erforderliche Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,3$ für den erstlöschenden Pol, $f_r = 60$ Hz .....	150
Tabelle L.14 – Erforderliche Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,2$ für den erstlöschenden Pol, $f_r = 60$ Hz .....	152
Tabelle L.15 – Verfahren zur Kombination der Polfaktoren $k_{pp} = 1,5$ und $1,3$ während den Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s(b) .....	153
Tabelle L.16 – Verfahren zur Kombination der Polfaktoren $k_{pp} = 1,5$ und $1,3$ während den Prüfschaltfolge T100a.....	154
Tabelle M.1 – Toleranzen von Prüfgrößen für Typprüfungen .....	156