

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Europäisches Vorwort zur Änderung A1	3
Einleitung zur Änderung	10
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	11
4 Synthetische Prüftechniken und Verfahren für Kurzschluss-Ausschaltprüfungen	13
4.1 Grundlagen und allgemeine Anforderungen für synthetische Ausschaltprüfverfahren.....	13
4.1.1 Allgemeines	13
4.1.2 Hochstrom-Intervall	14
4.1.3 Wechselwirkungs-Intervall.....	14
4.1.4 Hochspannungs-Intervall.....	14
4.2 Synthetische Prüfkreise und hierauf bezogene wesentliche Anforderungen für Ausschaltprüfungen.....	16
4.2.1 Stromüberlagerungsverfahren.....	16
4.2.2 Spannungsüberlagerungsverfahren	17
4.2.3 Doppelkreisverfahren (Transformator- oder Skeats-Kreis).....	17
4.2.4 Andere synthetische Prüfverfahren	18
4.3 Dreiphasige synthetische Prüfverfahren	18
5 Synthetische Prüftechniken und Verfahren für Kurzschluss-Einschaltprüfungen	21
5.1 Grundlagen und allgemeine Anforderungen für synthetische Einschaltprüfverfahren.....	21
5.1.1 Allgemeines	21
5.1.2 Hochspannungs-Intervall.....	21
5.1.3 Vorzünd-Intervall	21
5.1.4 Verklüppungs-Intervall und vollständig geschlossene Stellung.....	22
5.2 Synthetischer Prüfkreis und hierauf bezogene wesentliche Anforderungen für Einschaltprüfungen.....	22
5.2.1 Allgemeines	22
5.2.2 Prüfkreis	22
5.2.3 Besondere Anforderungen	22
6 Typprüfungen	23
6.1 Allgemeines	23
6.102.10 Nachweis der Lichtbogenzeiten	24
6.106 Standard-Kurzschluss-Prüfschaltfolgen	29
6.106.1 Prüfschaltfolge T10	29
6.106.2 Prüfschaltfolge T30	29
6.106.3 Prüfschaltfolge T60	29
6.106.4 Prüfschaltfolge T100s.....	29
6.106.5 Prüfschaltfolge T100a	33
6.108 Einphasige Kurzschlussprüfung und Doppelerdschlussprüfung	34
6.109 Abstandskurzschlussprüfungen	34

	Seite
6.110 Einschalt- und Ausschaltprüfungen unter Asynchronbedingungen	35
6.111 Prüfungen zum Schalten kapazitiver Ströme	36
6.111.3 Eigenschaften der Speisekreise	36
6.111.7 Prüfspannung	36
Anhang A (informativ) Stromverzerrung	47
Anhang B (informativ) Stromüberlagerungsverfahren	63
Anhang C (informativ) Spannungsüberlagerungsverfahren	66
Anhang D (informativ) Skeats- oder Doppeltransformatorkreis	69
Anhang E (normativ) Angaben für synthetische Prüfungen und Aufzeichnungen der Ergebnisse	72
Anhang F (normativ) Synthetische Prüfverfahren für Leistungsschalter mit Ausschaltwiderständen	73
Anhang G (informativ) Synthetische Verfahren zum Schalten kapazitiver Ströme	80
G.1 Allgemeines	80
G.2 Wiederkehrende Spannung	80
G.3 Kombinierte Hochstrom- und Hochspannungskreise	80
G.4 Einschaltprüfungen	81
G.5 Stromabriss	81
G.6 Beispiele von Prüfkreisen	81
Anhang H (informativ) „Schritt für Schritt“-Verfahren zur Verlängerung der Lichtbogendauer	90
Anhang I (normativ) Korrektur von di/dt und TRV bei der Prüfschaltfolge T100a	92
I.1 Allgemeines	92
I.2 Verringerung von di/dt	92
I.3 Korrigierte TRV des erstlöschenden Pols bei geforderter Asymmetrie	92
I.4 Korrektur von di/dt und TRV des erstlöschenden Pols bei mittlerer Asymmetrie	99
I.5 Korrektur von di/dt und TRV des zweitlöschenden Pols bei verlängerter großer Teilschwingung mit geforderter Asymmetrie bei dreiphasigen Prüfungen	99
I.6 Korrektur von di/dt und TRV bei Prüfungen mit nachfolgender kleiner Teilschwingung	100
I.7 Berechnung von di/dt und TRV des erstlöschenden Pols	100
I.7.1 Allgemeines	100
I.7.2 Berechnung von di/dt	100
I.7.3 Berechnung von TRV	100
I.7.4 Beispiele für die Berechnung von di/dt und TRV	103
Anhang J (informativ) Dreiphasige synthetische Prüfkreise	105
Anhang K (normativ) Prüfverfahren mit dreiphasigem Hochstromkreis und einem Hochspannungskreis ...	112
Anhang L (normativ) Aufteilung der Prüfschaltfolgen in Prüfreihen mit der Einschwingspannung je Pol, die der Löschofolge entspricht	134
Anhang M (normativ) Toleranzen von Prüfgrößen für Typprüfungen	154
Anhang N (informativ) Beispiele von Prüfkreisen für metallgekapselte Leistungsschalter und Kesselleistungsschalter	157
Anhang O (informativ) Kombination von Stromüberlagerungs- und Spannungsüberlagerungsverfahren ...	166
Literaturhinweise	169
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	170

Bilder

Bild 1 – Ausschaltvorgang – Grundlegende Zeitintervalle.....	37
Bild 2 – Beispiele zur Beurteilung der wiederkehrenden Spannung	38
Bild 3 – Ersatz-Wellenwiderstand des Hochspannungskreises der Prüfschaltung mit Stromüberlagerung ...	39
Bild 4 – Einschaltvorgang – Grundlegende Zeitintervalle.....	40
Bild 5 – Beispiel eines synthetischen Einschaltkreises für einphasige Prüfungen.....	41
Bild 6 – Beispiel eines synthetischen Einschaltkreises für Asynchronbedingungen	42
Bild 7 – Beispiel eines synthetischen Einschaltkreises für dreiphasige Prüfungen ($k_{pp} = 1,5$).....	43
Bild 8 – Beurteilung der wiederkehrenden Spannung bei der synthetischen Prüfung des kapazitiven Stromschaltvermögens.....	44
Bild 9 – Vergleich der Lichtbogenzeiteinstellungen bei dreiphasigen direkten Prüfungen (links) und dreiphasigen synthetischen Prüfungen (rechts) mit T100a und $k_{pp} = 1,5$	45
Bild 10 – Vergleich der Lichtbogenzeiteinstellungen bei dreiphasigen direkten Prüfungen (links) und dreiphasigen synthetischen Prüfungen (rechts) mit T100a und $k_{pp} = 1,3$	46
Bild A.1 – Direkter Prüfkreis, vereinfachtes Schaltbild	54
Bild A.2 – Unbeeinflusster Kurzschlussstrom.....	54
Bild A.3 – Verzerrungsstrom.....	54
Bild A.4 – Verzerrungsstrom.....	55
Bild A.5 – Prüfkreis, vereinfachtes Schaltbild	56
Bild A.6 – Verlauf des Stroms und der Lichtbogen Spannung bei symmetrischem Strom	57
Bild A.7 – Verlauf des Stroms und der Lichtbogen Spannung bei asymmetrischem Strom	58
Bild A.8 – Minderung der Stromamplitude und der Dauer der letzten Stromhalbwelle vor der Löschung	59
Bild A.9 – Minderung der Stromamplitude und der Dauer der letzten Stromhalbwelle vor der Löschung	60
Bild A.10 – Minderung der Stromamplitude und der Dauer der letzten Stromhalbwelle vor der Löschung	61
Bild A.11 – Minderung der Stromamplitude und der Dauer der letzten Stromhalbwelle vor der Löschung	62
Bild B.1 – Typischer Stromüberlagerungskreis mit dem Hochspannungskreis parallel zum Prüfschalter	64
Bild B.2 – Zeitablauf der Stromüberlagerung nach Bild B.1	65
Bild B.3 – Beispiele zur Bestimmung des Zeitintervalls der deutlichen Änderung der Lichtbogen Spannung aus dem Oszillogramm	65
Bild C.1 – Typischer Spannungsüberlagerungskreis mit dem Hochspannungskreis parallel zum Hilfsschalter (vereinfachtes Schaltbild)	67
Bild C.2 – Verlauf der Einschwingspannung in einem Spannungsüberlagerungskreis mit dem Hochspannungskreis parallel zum Hilfsschalter.....	68
Bild D.1 – Transformator- oder Skeats-Kreis.....	70
Bild D.2 – Getriggelter Transformator- oder Skeats-Kreis	71
Bild F.1 – Prüfkreis zum Nachweis des thermischen Wiederzündverhaltens der Hauptunterbrechereinheit.....	76
Bild F.2 – Prüfkreis zum Nachweis des dielektrischen Wiederzündverhaltens der Hauptunterbrechereinheit.....	77

	Seite
Bild F.3 – Prüfkreis für die Widerstandsunterbrechereinheit.....	78
Bild F.4 – Beispiel für einen Prüfkreis für kapazitive Schaltleistungsprüfungen an der Hauptunterbrechereinheit.....	79
Bild F.5 – Beispiel für einen Prüfkreis für kapazitive Schaltleistungsprüfungen an der Widerstandsunterbrechereinheit	79
Bild G.1 – Betriebsfrequente Prüfkreise parallel geschaltet.....	83
Bild G.2 – Stromüberlagerungskreis	84
Bild G.3 – betriebsfrequenter Stromüberlagerungskreis	85
Bild G.4 – Stromüberlagerungskreis, wiederkehrende Spannung an beiden Anschlüssen des Leistungsschalters angelegt.....	86
Bild G.5 – Stromüberlagerungskreis mit Ausgleich des abnehmenden Stroms	87
Bild G.6 – LC-Schwingkreis.....	88
Bild H.1 – Beispiel eines Fortzündkreis zur Verlängerung der Lichtbogenzeit	90
Bild H.2 – Beispiel von Wellenformen, die bei einer symmetrischen Prüfung mit dem Kreis in Bild H.1 erhalten werden	91
Bild J.1 – Dreiphasiger synthetischer kombinierter Prüfkreis.....	107
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	108
Bild J.3 – Dreiphasiger synthetischer Prüfkreis mit Stromüberlagerung in allen Phasen bei einem Polfaktor von $k_{pp} = 1,5$	109
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.....	109
Bild J.5 – Dreiphasiger synthetischer Prüfkreis für Klemmenkurzschlussprüfungen bei einem Polfaktor von $k_{pp} = 1,3$ (Stromüberlagerungsverfahren).....	110
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	110
Bild J.7 – Verläufe der Einschwingspannungen bei dem in Bild J.5 beschriebenen Prüfkreis	111
Bild K.1 – Beispiel eines dreiphasigen Hochstromkreises mit einphasiger synthetischer Überlagerung.....	112
Bild K.2 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.1	115
Bild K.3 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.2	117
Bild K.4 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.3	119
Bild K.5 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.4	121
Bild K.6 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.5	124
Bild K.7 – Darstellung der Prüfbedingungen nach Tabelle K.6	126
Bild L.1 – Beispielhafte grafische Darstellung der in Tabelle L.6 enthaltenen Prüfungen	139
Bild L.2 – Beispielhafte grafische Darstellung der in den Tabellen L.7 und L.8 enthaltenen Prüfungen	141
Bild N.1 – Beispiel eines Prüfkreises zur Prüfung von Schalteinheiten (Leistungsschalter mit einem von der Wirkung der Gasströmung abhängigen Schaltverhalten)	158
Bild N.2 – Oszillogramm zu 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	159

	Seite
Bild N.3 – Beispiel eines synthetischen Prüfkreises zur Prüfung einer Schalteinheit (falls die Prüfung einer Schalteinheit nach IEC 62271-100:2008/AMD1:2012, 6.102.4.2, erlaubt ist)	160
Bild N.4 – Oszillogramm zu 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.....	161
Bild N.5 – Beispiel eines kapazitiven Stromüberlagerungskreis mit Einspeisung auf die Kapselung des Leistungsschalters	162
Bild N.6 – Beispiel eines kapazitiven synthetischer Prüfkreises mit zwei betriebsfrequenten Quellen und mit unter Spannung stehender Kapselung des Leistungsschalters	163
Bild N.7 – Beispiel eines kapazitiven synthetischen Stromüberlagerungs-Prüfkreises – Prüfen einer Schalteinheit an einem Halbpol eines Leistungsschalters mit zwei Schalteinheiten je Pol – Mit einer an der Kapselung angeschlossenen Gleichspannungsquelle.....	164
Bild N.8 – ((leer)).....	164
Bild N.9 – Beispiel einer Prüfung an einem vollständigen Leistungsschalterpol mit an beiden Anschlüssen und der metallischen Kapselung angelegter Spannung	165
Bild O.1 – Beispiel eines kombinierten Strom- und Spannungsüberlagerungskreises mit voller Prüfspannung gegen Erde	167
Bild O.2 – Beispiel eines kombinierten Strom- und Spannungsüberlagerungskreises mit aufgeteilter Prüfspannung	168
 Tabellen	
Tabelle 1 – Prüfkreise für die Prüfschaltfolgen T100s und T100a	19
Tabelle 2 – Prüfparameter bei dreiphasigen Ausschaltungen für die Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s, $k_{pp} = 1,5$	19
Tabelle 3 – Prüfparameter bei dreiphasigen Ausschaltungen für die Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s, $k_{pp} = 1,3$	20
Tabelle 4 – Prüfparameter bei dreiphasigen Ausschaltungen für die Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s, $k_{pp} = 1,2$	20
Tabelle 6 – Abkürzungen der Schalthandlungen bei synthetischen Prüfungen.....	23
Tabelle 5 – Schaltfolgen für die synthetische Prüfung der Prüfschaltfolgen T10, T30, T60, T100s, T100a, SP, DEF, OP und SLF	35
Tabelle I.1 – Korrigierte TRV-Werte für den erstlöschenden Pol für $k_{pp} = 1,3$ und $f_r = 50$ Hz	93
Tabelle I.2 – Korrigierte TRV-Werte für den erstlöschenden Pol für $k_{pp} = 1,3$ und $f_r = 60$ Hz	94
Tabelle I.3 – Korrigierte TRV-Werte für den erstlöschenden Pol für $k_{pp} = 1,5$ und $f_r = 50$ Hz	95
Tabelle I.4 – Korrigierte TRV-Werte für den erstlöschenden Pol für $k_{pp} = 1,5$ und $f_r = 60$ Hz	96
Tabelle I.5 – Korrigierte TRV-Werte für den erstlöschenden Pol für $k_{pp} = 1,2$, und $f_r = 50$ Hz.....	97
Tabelle I.6 – Korrigierte TRV-Werte für den erstlöschenden Pol für $k_{pp} = 1,2$ und $f_r = 60$ Hz	97
Tabelle I.7 – Prozentsatz des Gleichstromanteils und di/dt im Stromnulldurchgang für den erstlöschenden Pol $f_r = 50$ Hz	98
Tabelle I.8 – Prozentsatz des Gleichstromanteils und di/dt im Stromnulldurchgang für den erstlöschenden Pol $f_r = 60$ Hz	99
Tabelle K.1 – Nachweis von Lichtbogenzeiten bei $k_{pp} = 1,5$	114
Tabelle K.2 – Alternativer Nachweis von Lichtbogenzeiten bei $k_{pp} = 1,5$	116
Tabelle K.3 – Nachweis von Lichtbogenzeiten bei $k_{pp} = 1,3$	118

	Seite
Tabelle K.4 – Alternativer Nachweis von Lichtbogenzeiten bei $k_{pp} = 1,3$	120
Tabelle K.5 – Nachweis von Lichtbogenzeiten bei $k_{pp} = 1,5$	123
Tabelle K.6 – Alternativer Nachweis von Lichtbogenzeiten bei $k_{pp} = 1,5$	125
Tabelle K.7 – Nachweis von Lichtbogenzeiten bei $k_{pp} = 1,3$	127
Tabelle K.8 – Alternativer Nachweis von Lichtbogenzeiten bei $k_{pp} = 1,3$	129
Tabelle K.9 – Verfahrensweise zur Kombination von $k_{pp} = 1,3$ und $1,5$ während der Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s(b)	131
Tabelle K.10 – Verfahrensweise zur Kombination von $k_{pp} = 1,3$ und $1,5$ während der Prüfschaltfolge T100a	132
Tabelle L.1 – Prüfverfahren für $k_{pp} = 1,5$ und $2,5$	134
Tabelle L.2 – Prüfverfahren für $k_{pp} = 1,3$ und $2,0$	135
Tabelle L.3 – Vereinfachtes Prüfverfahren für $k_{pp} = 1,3$ und $2,0$	136
Tabelle L.4 – Prüfverfahren für $k_{pp} = 1,2$	137
Tabelle L.5 – Vereinfachtes Prüfverfahren für $k_{pp} = 1,2$	137
Tabelle L.6 – Prüfverfahren bei asymmetrischen Strömen und $k_{pp} = 1,5$	138
Tabelle L.7 – Prüfverfahren bei asymmetrischen Strömen und $k_{pp} = 1,3$	140
Tabelle L.8 – Prüfverfahren bei asymmetrischen Strömen und $k_{pp} = 1,2$	142
Tabelle L.9 – Verfahrensweise zur Kombination von $k_{pp} = 1,3$ und $1,5$ bei den Prüfschaltfolgen T10, T30, T60 und T100s(b)	143
Tabelle L.10 – Verfahrensweise zur Kombination von $k_{pp} = 2,0$ und $2,5$ bei den Prüfschaltfolgen OP1 und OP2	144
Tabelle L.11 – Verfahrensweise zur Kombination von $k_{pp} = 1,5$ und $1,3$ bei der Prüfschaltfolge T100a	145
Tabelle L.12 – Geforderte Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,5$ und $f_r = 50$ Hz	146
Tabelle L.13 – Geforderte Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,3$ und $f_r = 50$ Hz.....	147
Tabelle L.14 – Geforderte Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,2$ und $f_r = 50$ Hz.....	148
Tabelle L.15 – Geforderte Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,5$ und $f_r = 60$ Hz.....	149
Tabelle L.16 – Geforderte Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,3$ und $f_r = 60$ Hz.....	151
Tabelle L.17 – Geforderte Prüfparameter für unterschiedliche Asymmetriebedingungen bei $k_{pp} = 1,2$ und $f_r = 60$ Hz.....	153
Tabelle M.1 – Toleranzen von Prüfgrößen für Typprüfungen	155