

Wechselstromschaltgeräte für Spannungen über 1 kV
Hochspannungs-Wechselstrom-Leistungsschalter
Typ- und Stückprüfungen

DIN
VDE 0670
Teil 104

Diese auch vom Vorstand des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) e.V. genehmigte Norm ist damit zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter obenstehender Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.

A.c. switchgear and controlgear for voltages above 1 kV;
High-voltage a.c. circuit-breakers;
Type tests and routine tests

Mit DIN VDE 0670 Teil 1000/08.84
Ersatz für DIN 57670 Teil 104/
VDE 0670 Teil 104/11.78

Appareillage pour courant alternatif de tension supérieure à 1 kV;
Disjoncteur à courant alternatif à haute tension;
Essais de type et essais individuels

Zusammenhang mit dem CENELEC-Harmonisierungsdokument HD 348 S3:1989 und HD 384 S4 und mit der von der International Electrotechnical Commission herausgegebenen Publikation IEC 56:1987, vierte Ausgabe, „High-voltage alternating-current circuit-breakers“ und dem Schriftstück IEC 17A(CO)199 (siehe Erläuterungen).

Aufteilung von HD 348 S3 auf DIN VDE 0670 Teile 101 bis 106 (siehe Erläuterungen).

Hinweise auf IEC 694 beziehen sich auf die Ausgabe 1980.

Hinweise auf DIN VDE 0670 Teil 1000 beziehen sich auf die Ausgabe August 1984 (siehe Erläuterungen).

Diese Norm enthält die allgemein für Hochspannungsgeräte gültigen Festlegungen der grundlegenden Norm DIN VDE 0670 Teil 1000 = HD 448 = IEC 694, die vorrangig für alle im Aufgabenbereich des K 432 liegenden Normen der Reihe DIN VDE 0670 gilt.

Nach DIN VDE 0670 Teil 1000, Abschnitt 4.1, entspricht die Nennspannung der oberen Grenze der höchsten Spannung der Netze, für welche das Schaltgerät vorgesehen ist.

Eine Neufestlegung dieser Bezeichnung kann erst nach Überarbeitung von DIN VDE 0670 Teil 1000 im Rahmen der Harmonisierung durch CENELEC vorgenommen werden.

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm (VDE-Bestimmung) gilt ab 1. Oktober 1992.

Für Hochspannungs-Wechselstrom-Leistungsschalter, die vor dem 01. 12. 1991 den Festlegungen nach DIN 57670 Teil 104/VDE 0670 Teil 104/11.78 entsprochen haben, wie durch den Hersteller oder eine Zertifizierungsstelle nachgewiesen, dürfen Festlegungen dieser ersetzten Norm für die Fertigung bis 30. 11. 1996 noch weiter angewendet werden.

Der Norminhalt war als Entwurf DIN VDE 0670 Teil 104/01.87 und als Entwurf DIN VDE 0670 Teil 104 A1/09.88 veröffentlicht.

Fortsetzung Seite 2 bis 76

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	2	Anhang DD Bestimmung des Kurzschluß-Leistungsfaktors	49
2 Betriebsbedingungen	2	Anhang EE Dichtheit, Anforderungen und Prüfungen	51
3 Begriffe	2	Anhang FF Verfahren zur Zeichnung der Hüllkurve der unbeeinflussten Einschwingspannung eines Stromkreises und Bestimmung der Parameter	57
4 Einstufung	2	Anhang GG Verfahren zur Ermittlung der unbeeinflussten Einschwingspannung	60
5 Konstruktion und Bau	2	Erläuterungen	76
6 Typprüfungen	2		
Tabellen XII bis XX			
Bilder 15 bis 32			
7 Stückprüfungen	33		
Tabelle XXI			
Anhang CC Aufzeichnungen und Berichte über Typprüfungen für Ein- und Ausschaltprüfungen und Kurzzeitstromprüfungen	48		

1 Anwendungsbereich

Siehe IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 101)

2 Betriebsbedingungen

Siehe IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 101)

3 Begriffe

Siehe IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 101)

4 Einstufung

Siehe IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102)

5 Konstruktion und Bau

Siehe IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 103)

6 Typprüfungen

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6, mit folgenden Ergänzungen:

Die Typprüfungen enthalten zusätzlich:

- mechanische Prüfungen und Umweltprüfungen, bestehend aus mechanischer Funktionsprüfung bei Umgebungstemperatur, Prüfungen bei hoher und niedriger Temperatur, Feuchtigkeitsprüfung, Schalten unter schwerer Vereisung, Prüfung mit statischem Klemmenzug (siehe Abschnitt 6.101);
- Kurzschluß-Ein- und Ausschaltprüfungen bestehend aus Prüfungen bei Klemmenkurzschluß, Abstandskurzschluß und unter Asynchronbedingungen (siehe Abschnitte 6.102 bis 6.110);
- Schalten kapazitiver Ströme bestehend aus Schalten von Kabeln, Leitungen und Freileitungen, Schalten von Einzel- und Mehrfach-Kondensatorbatterien (siehe Abschnitt 6.111);
- Schalten von Magnetisierungsströmen und kleinen induktiven Strömen (siehe Abschnitt 6.112).

Grundsätzlich ist jede einzelne Typprüfung an einem Leistungsschalter in neuem und sauberem Zustand durchzuführen, wobei die verschiedenen Prüfungen zu unter-

schiedlichen Zeiten und an verschiedenen Orten ausgeführt werden dürfen.

Werden Prüfungen an einem Leistungsschalter vorgenommen, dessen Typprüfbericht bereits anerkannt worden ist, wird die Verpflichtung des Herstellers auf die festgelegten Werte und nicht auf die durch vorangegangene Typprüfungen nachgewiesenen Ergebnisse begrenzt.

Einzelheiten über Aufzeichnungen und Berichte von Typprüfungen mit Einschalt-, Ausschalt- und Kurzzeitstromversuchen, siehe Anhang CC.

6.1 Dielektrische Prüfungen**6.1.1 Zustand der umgebenden Luft während der Prüfungen**

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.1.

6.1.2 Regenprüfung

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.2, mit folgender Ergänzung:

Anmerkung: Für Kesselschalter siehe Abschnitt 6.1.7.

6.1.3 Zustand des Leistungsschalters während der dielektrischen Prüfung

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.3.

6.1.4 Anwendung der Prüfspannung und Prüfbedingungen

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.4.

6.1.5 Prüfspannungen

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.5.

6.1.6 Prüfungen mit Blitz- und Schaltstoßspannung

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.6, mit folgender Ergänzung:

a) Prüfungen mit Blitzstoßspannung

Für Nennspannungen bis 245 kV und falls nach IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102), Abschnitt 4.2, die niedrigere Nenn-Stehblitzstoßspannung gewählt wird, darf für die Prüfung der Isolierung über die offene Schaltstrecke eine höhere Prüfspannung verlangt werden:

- Für Nennspannungen von 100 kV bis 245 kV ist als Prüfspannung eine der Nenn-Stehblitzstoßspannungen nach IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102), Abschnitt 4.2, entsprechend der Nennspannung des Leistungsschalters zwischen Hersteller und Betreiber zu vereinbaren;
- Für Nennspannungen bis einschließlich 72,5 kV ist die Prüfspannung zwischen Hersteller und Betreiber zu vereinbaren.

Mit Einverständnis des Herstellers dürfen die Prüfungen am Leistungsschalter in offener Stellung für Nennspannungen von 300 kV und darüber ohne Wechselspannungsquelle ausgeführt werden. In diesem Fall sind zwei Prüffolgen durchzuführen:

- Die erste Prüffolge besteht in der Anwendung von 15 aufeinanderfolgenden Stößen mit einer Spannung gleich der Summe der Nenn-Stehblitzstoßspannung U_1 und dem Wert $0,7 \times U \times \sqrt{2/\sqrt{3}}$ (Scheitelwert) im Turnus an jedem Anschluß. Der gegenüberliegende Anschluß muß geerdet sein. Die anderen Anschlüsse, der Anschluß an den die Spannung angelegt wird und das Untergestell dürfen so isoliert sein, daß Durchschläge nach Erde verhindert werden.
- Die zweite Prüffolge besteht in der Anwendung von 15 aufeinanderfolgenden Stößen mit der Nenn-Stehblitzstoßspannung U_1 im Turnus an jedem Anschluß. Die anderen Anschlüsse und das Untergestell müssen geerdet sein.

Im allgemeinen ist diese Prüfung als schwerer anzusehen als die Prüfung nach dem festgelegten Prüfverfahren.

Anmerkung: Für Nennspannungen oberhalb 420 kV ist dieses Prüfverfahren unter Umständen nicht geeignet. Für diese Spannungen sind andere Prüfverfahren in Beratung.

b) Prüfungen mit Schaltstoßspannung

Freiluft-Leistungsschalter müssen trocken nur mit positiver Polarität geprüft werden.

An den Leistungsschalter in geschlossener Stellung ist in jeder Prüfanordnung nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.4, Tabelle VIII, die Prüfspannung in der Höhe der Nenn-Stehschaltstoßspannung gegen Erde anzulegen.

An dem Leistungsschalter in offener Stellung sind zwei Prüffolgen durchzuführen:

- Die erste Prüffolge mit einer Prüfspannung in Höhe der Nenn-Stehschaltstoßspannung gegen Erde für jede Prüfanordnung nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.4, Tabelle VIII.
- Die zweite Prüffolge nach einem Verfahren, das den beabsichtigten Einsatzfall des Leistungsschalters berücksichtigt; siehe IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102), Abschnitt 4.2.3.

Für Leistungsschalter, die für Standard-Einsatzfälle

vorgesehen sind, ist die zweite Prüffolge mit einer Prüfspannung in Höhe der Nenn-Stehschaltstoßspannung über die offene Schaltstrecke nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 4.2.3, Tabelle IV, Spalte 5, für jede Prüfanordnung nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.4, Tabelle VIII, durchzuführen.

Da in diesem Fall die angelegte Spannung höher als die Nenn-Stehschaltstoßspannung gegen Erde sein kann, ist es zulässig, den Anschluß, an den die Spannung angelegt wird, die Anschlüsse der anderen Pole und das Untergestell zu isolieren, um Durchschläge nach Erde zu verhindern.

Als Alternative ist bei Leistungsschaltern, die für Sonderfälle vorgesehen sind, die zweite Prüffolge mit einer Prüfspannung nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 4.2.3, Tabelle IV, Spalte 6, durchzuführen.

In jeder Prüfanordnung nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.4, Tabelle X, muß an einem Anschluß die Schaltstoßspannung und an dem gegenüberliegenden Anschluß die Wechselspannung angelegt werden.

Mit Einverständnis des Herstellers darf diese Prüfung ohne Wechselspannungsquelle ausgeführt werden.

Die Prüffolge besteht darin, daß im Turnus an jeden Anschluß Stöße mit einer Spannung gleich der Summe der Schaltstoßspannung und dem Wert $U \sqrt{2/\sqrt{3}}$ (Scheitelwert) nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 4.2.3, Tabelle IV, Spalte 6, gegeben werden.

Der gegenüberliegende Anschluß muß geerdet sein. Die anderen Anschlüsse, der Anschluß, an den die Spannung angelegt wird und das Untergestell dürfen so isoliert sein, daß Durchschläge nach Erde verhindert werden.

Im allgemeinen ist diese Prüfung als schwerer anzusehen als die Prüfung nach dem festgelegten Prüfverfahren.

Anmerkung: Für Nennspannungen über 420 kV ist dieses Prüfverfahren unter Umständen nicht geeignet. Für diese Spannungen sind andere Prüfverfahren in Beratung.

6.1.7 Prüfungen mit Wechselspannung

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.7, mit folgender Ergänzung:

a) Leistungsschalter mit einer Nennspannung unter 300 kV

Falls während einer Prüfung unter Regen ein Durchschlag an äußerer selbstheilender Isolierung auftritt, ist diese Prüfung in der gleichen Prüfanordnung zu wiederholen. Der Leistungsschalter hat die Prüfung bestanden, falls kein weiterer Durchschlag erfolgt.

Anmerkung: An Kesselschaltern dürfen Prüfungen unter Regen entfallen, wenn die Durchführungen vorher nach der für sie geltenden Norm geprüft sind.

b) Leistungsschalter mit einer Nennspannung von 300 kV und darüber

An den Leistungsschalter in offener Stellung ist die Prüfspannung in jeder Prüfanordnung nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.4, Tabelle IX, gleichzeitig an die beiden Anschlüsse jedes Poles anzulegen. Dabei sind zwei phasenverschobe-

ne Spannungsquellen so anzuwenden, daß über dem offenen Schalter eine Spannung von $2,5 U/\sqrt{3}$ auftritt. Keine der beiden an-gelegten Spannungen darf höher als U sein. Die Werte der Gesamtspannung über dem offenen Leistungsschalter sind in IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 4.2.3, Tabelle IV, angegeben.

An dem Leistungsschalter in offener Stellung dürfen mit Zustimmung des Herstellers Prüfungen mit nur einer Spannungsquelle durchgeführt werden. In diesem Fall ist eine Spannung von $2,5 U/\sqrt{3}$ 1 min an jeden Anschluß eines Poles anzulegen, wobei der jeweils gegenüberliegende Anschluß und alle Teile der Strombahn der anderen Pole geerdet sind.

Bei dieser Prüfung ist es zulässig, das Untergestell des Leistungsschalters gegen Erde zu isolieren. Diese Prüfung ist härter als die Prüfung nach dem festgelegten Prüfverfahren.

Anmerkung: Für besondere Anwendungsfälle kann die Prüfspannung $2,5 U/\sqrt{3}$ für die Prüfung der Isolierung des Leistungsschalters in offener Stellung unzureichend sein. In solchen Fällen dürfen nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber höhere Prüfspannungen angewendet werden.

6.1.8 Prüfung mit künstlicher Verschmutzung

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.8, mit folgender Ergänzung:

Anmerkung 1: Geeignete Prüfungen der Isolierung des Leistungsschalters in offener Stellung sind in Beratung.

Anmerkung 2: Um zu vermeiden, große Leistungsschalter allein für Prüfzwecke aufbauen zu müssen, darf bei Leistungsschaltern, die aus Bausteinen zusammengesetzt sind, auch ein einzelner Baustein geprüft werden. In diesem Fall ist jedoch die Härte der Prüfung von derjenigen bei der Prüfung des vollständigen Poles verschieden.

6.1.9 Teilentladungsprüfungen

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.9, mit folgender Ergänzung:

Teilentladungsprüfungen brauchen nicht an einem vollständigen Leistungsschalter durchgeführt zu werden. Jedoch muß für Leistungsschalter mit Bauteilen, für die einschlägige Normen bestehen, die Teilentladungsprüfungen enthalten (z.B. Durchführungen), durch den Hersteller der Nachweis geliefert werden, daß diese Bauteile die Teilentladungsprüfung bestanden haben, so wie in der entsprechenden Norm vorgesehen sind.

6.1.10 Spannungsprüfungen an Hilfs- und Steuerstromkreisen

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.10.

6.2 Störspannungsprüfungen

Störspannungsprüfungen müssen nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber durchgeführt werden. IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.2, ist mit folgender Ergänzung anwendbar:

Die Prüfungen dürfen an einem Pol des Leistungsschalters in geschlossener und in offener Stellung durchgeführt werden.

6.3 Erwärmungsprüfungen

6.3.1 Zustand des zu prüfenden Leistungsschalters

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.3.1.

6.3.2 Anordnung des Gerätes

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.3.2, mit folgender Ergänzung:

Bei Leistungsschaltern ohne in Reihe geschaltete Zusatzgeräte muß die Prüfung mit dem Nennbetriebsstrom des Leistungsschalters durchgeführt werden.

Bei Leistungsschaltern, die mit in Reihe geschalteten Zusatzgeräten unterschiedlicher Nenn(betriebs)ströme ausgerüstet werden können, müssen folgende Prüfungen durchgeführt werden:

- Eine Prüfung des Leistungsschalters mit dem in Reihe geschalteten Zusatzgerät von gleichem Nennbetriebsstrom wie der Leistungsschalter, durchgeführt mit dem Nennbetriebsstrom des Leistungsschalters.
- Eine Anzahl von Prüfungen des mit dem vorgesehenen Zusatzgerät ausgerüsteten Leistungsschalters bei Strömen, die gleich dem Nennbetriebsstrom des jeweiligen Zusatzgerätes sind.

Anmerkung: Wenn das Zusatzgerät vom Leistungsschalter entfernt werden kann, und wenn sich die Erwärmung des Leistungsschalters und die des Zusatzgerätes offensichtlich gegenseitig nicht merklich beeinflussen, darf Prüfung b) durch eine Anzahl von Prüfungen an den Zusatzgeräten allein ersetzt werden.

6.3.3 Messung der Temperatur und der Erwärmung

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.3.3.

6.3.4 Umgebungstemperatur

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.3.4.

6.3.5 Erwärmungsprüfung der Hilfseinrichtungen

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.3.5.

6.3.6 Beurteilung der Erwärmungsversuche

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.3.6.

6.4 Messung des Widerstandes der Hauptstrombahn

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.4.

6.5 Kurzzeitstrom- und Stoßstromprüfungen

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.5.

6.5.1 Anordnung des Leistungsschalters und des Prüfkreises

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.5.1, mit folgender Ergänzung:

Falls der Leistungsschalter mit Primärauslösern ausgerüstet ist, müssen diese für die Prüfung mit der Spule für den kleinsten Nennstrom versehen und auf den höchsten Auslösestrom und die längste Auslösezeit eingestellt sein. Der Primärauslöser muß auf der Speiseseite des Prüfkreises liegen. Kann der Leistungsschalter auch ohne Primärauslöser eingesetzt werden, muß er auch ohne diese geprüft werden.

6.5.2 Prüfstrom und Prüfdauer

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.5.2, mit folgender Ergänzung:

Bei Leistungsschaltern mit Primärauslösern muß nur die auf die Ausschaltungen beschränkte Nennschaltfolge durchgeführt werden. Das Mittel der Effektivwerte der Wechselstromkomponenten der Ausschaltströme in allen Leitern und bei allen Ausschaltungen gilt als Effektivwert des Kurzzeitstromes. Wenn die Prüfung bei Nennspannung durchgeführt wird, dürfen die Werte der unbeeinflussten Ströme verwendet werden.

6.5.3 Verhalten des Leistungsschalters während der Prüfung

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.5.3.

6.5.4 Zustand des Leistungsschalters nach der Prüfung

Nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.5.4, mit folgender Ergänzung:

Der Zustand von Leistungsschaltern, die mit Primärauslösern ausgerüstet sind, muß den Angaben in Abschnitt 6.102.8 entsprechen.

6.101 Mechanische Prüfungen und Umweltprüfungen

6.101.1 Verschiedene Bestimmungen für mechanische Prüfungen und Umweltprüfungen

6.101.1.1 Bauteilprüfungen

Falls die Prüfung eines vollständigen Leistungsschalters nicht durchführbar ist, dürfen Bauteilprüfungen als Typprüfungen anerkannt werden. Der Hersteller sollte die für solche Prüfungen geeigneten Bauteile angeben.

Bauteile sind Funktionseinheiten, die unabhängig vom vollständigen Leistungsschalter betrieben werden können, beispielsweise Pole, Schaltkammern, Antriebe.

Falls Bauteilprüfungen durchgeführt werden, muß der Hersteller nachweisen, daß die mechanische Beanspruchung des Bauteils während der Prüfung nicht niedriger ist als die Beanspruchung, wenn der vollständige Schalter geprüft wird. Bauteilprüfungen müssen alle verschiedenen Bauteile eines vollständigen Leistungsschalters einschließen, sofern die spezielle Prüfung auf das Bauteil anwendbar ist. Die Bedingungen der Typprüfungen müssen von den normalen Betriebsbedingungen oder den Sonderbetriebsbedingungen und von den Nenndaten des Schalters abgeleitet werden.

Teile der Hilfs- und Steuereinrichtungen müssen die einschlägigen Normen erfüllen. Die einwandfreie Funktion solcher Teile in Verbindung mit den anderen Teilen des Leistungsschalters muß nachgewiesen werden.

6.101.1.2 Aufzeichnung von Größen des Leistungsschalters vor und nach den Prüfungen

Vor und nach den Prüfungen sind die folgenden Größen, soweit zutreffend, zu ermitteln:

- Einschalteigenzeit
- Ausschalteigenzeit
- zeitliche Streuung zwischen den Teilschaltstrecken eines Schalterpoles
- zeitliche Streuung zwischen den Schalterpolen (im Falle einer mehrpoligen Prüfung)
- Wiederaufladezeit des Antriebs
- Verbrauch der Steuerstromkreise

- Verbrauch der Auslöseeinrichtungen, Registrierung des Auslösestromes, falls möglich
- Dauer der Ausschalt- und Einschaltkommandos
- Dichtheit (siehe Anhang EE)
- Gasdichten oder -drücke
- Widerstand der Hauptstrombahn
- andere wichtige Größen nach Angaben des Herstellers

Falls die Konstruktion des Leistungsschalters es zuläßt, sind auch folgende Messungen durchzuführen:

- Weg-Zeit-Diagramme
- Einschaltgeschwindigkeit
- Ausschaltgeschwindigkeit.

Diese Größen müssen ermittelt werden bei:

- Nenn-Versorgungsspannung und Nennbetriebsdruck
- oberer Versorgungsspannung und oberem Betriebsdruck
- unterer Versorgungsspannung und unterem Betriebsdruck
- unterer Versorgungsspannung und oberem Betriebsdruck.

6.101.1.3 Zustand des Leistungsschalters während und nach den Prüfungen

Während und nach den Prüfungen muß der Leistungsschalter in der Lage sein, normale Betriebsschaltungen auszuführen, den Nennbetriebsstrom zu führen, den Nenn-Kurzschlußstrom ein- und auszuschalten und die Prüfspannungen entsprechend seinem Nenn-Isolationspegel zu halten.

Im allgemeinen werden diese Forderungen als erfüllt angesehen, wenn:

- während der Prüfungen der Leistungsschalter die Befehle ausführt und nicht ohne Befehle schaltet;
- während und nach den Prüfungen die nach Abschnitt 6.101.1.2 ermittelten Größen innerhalb der vom Hersteller angegebenen Toleranzen liegen;
- während und nach den Prüfungen, alle Teile, einschließlich der Kontakte, keinen unzulässigen Verschleiß zeigen;
- nach den Prüfungen bei Kontakten mit einer Oberflächenbeschichtung im Kontaktbereich noch ein Belag dieses Schichtmaterials verblieben ist. Falls dies nicht zutrifft, müssen die Kontakte wie unbeschichtete (blanke) betrachtet werden, und die Prüfbedingungen sind nur dann erfüllt, wenn die Temperaturerhöhung der Kontakte während der Erwärmungsprüfung (nach Abschnitt 6.3) die zulässigen Werte für unbeschichtete (blanke) Kontakte nicht überschreitet;
- während und nach den Prüfungen irgendwelche Veränderungen den Betrieb des Leistungsschalters oder die einwandfreie Montage eines Austauschteils nicht behindern.

6.101.1.4 Zustand der Hilfs- und Steuereinrichtungen während und nach den Prüfungen

Während und nach den Prüfungen müssen die folgenden Bedingungen für die Hilfs- und Steuereinrichtungen erfüllt werden:

- während der Prüfungen sollte unzulässige Erwärmung vermieden werden;
- während der Prüfungen muß eine Kontaktbestückung der Hilfsschalter (sowohl Öffner wie Schließer)

zum Schalten von Steuerstromkreisen [siehe IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 103), Abschnitt 5.4] herangezogen werden;

- während und nach den Prüfungen müssen die Hilfs- und Steuereinrichtungen ihre Aufgaben erfüllen;
- während und nach den Prüfungen darf die Funktion der Hilfsstromkreise, der Hilfsschalter und der Steuereinrichtungen nicht beeinträchtigt werden. Im Zweifelsfall müssen Prüfungen nach IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 6.1.10, durchgeführt werden;
- während und nach den Prüfungen darf der Kontaktwiderstand der Hilfsschalter nicht nachteilig beeinflusst sein. Die Erwärmung beim Führen des Nennbetriebsstromes darf die vorgeschriebenen Werte nicht überschreiten, siehe IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 4.4.2, Tabelle V.

6.101.2 Mechanische Funktionsprüfung bei Umgebungstemperatur

6.101.2.1 Allgemeines

Die mechanische Funktionsprüfung muß bei der Umgebungstemperatur des Prüfraumes durchgeführt werden. Die Umgebungstemperatur sollte im Prüfbericht angegeben werden. Hilfseinrichtungen, welche einen Teil der Antriebe bilden, sind in die Prüfung einzubeziehen.

Die mechanische Funktionsprüfung muß aus 2000 Schaltspielen bestehen.

Mit Ausnahme von Leistungsschaltern mit Überstromauslösern muß die Prüfung ohne Spannung an bzw. ohne Strom in der Hauptstrombahn durchgeführt werden. Bei Leistungsschaltern mit Überstromauslösern müssen etwa 10 % der Schaltspiele mit der Auslöseeinrichtung bewirkt werden, die durch den Strom der Hauptstrombahn erregt wird. Dieser Strom muß dem Mindestauslösestrom des Überstromauslösers entsprechen und darf einer geeigneten Niederspannungsquelle entnommen werden.

Während der Prüfung ist eine Schmierung nach den Angaben des Herstellers zulässig. Justierungen oder Instandsetzungsarbeiten sind nicht erlaubt.

Für besondere betriebliche Anforderungen und/oder für Leistungsschalter, die bei hoher Schalthäufigkeit eingesetzt werden, müssen das Prüfverfahren und die Zahl der Schaltspiele zwischen Hersteller und Betreiber abgestimmt werden. Bei Prüfungen mit mehr als 2000 Schaltspielen sind Justier- und Instandsetzungsarbeiten nach den Angaben des Herstellers erlaubt.

6.101.2.2 Zustand des Leistungsschalters vor der Prüfung

Der zu prüfende Leistungsschalter muß auf seinem eigenen Untergestell aufgebaut und sein Antrieb in der festgelegten Weise betrieben werden. Er muß entsprechend seiner Ausführung folgendermaßen geprüft werden:

Ein mehrpoliger Leistungsschalter, der von einem einzigen Antrieb angetrieben wird und/oder dessen Pole auf einem gemeinsamen Untergestell montiert sind, muß als vollständige Einheit geprüft werden.

Ein mehrpoliger Leistungsschalter, dessen Pole oder gar Polsäulen von getrennten Antrieben angetrieben werden, sollte vorzugsweise als vollständiger, mehrpoliger Leistungsschalter geprüft werden. Er darf zur Vereinfachung oder im Hinblick auf die begrenzten Abmessungen des Prüffeldes in einer einpoligen Einheit geprüft werden, vorausgesetzt, daß dies gleichwertig ist und nicht unter günstigeren Bedingungen als beim vollständigen, mehrpoligen Leistungsschalter bei den verschiedenen Prüfungen geschieht. Dies gilt beispielsweise für:

- Einschaltgeschwindigkeit
- Ausschaltgeschwindigkeit
- Energie und Kraft der Ein- und Ausschaltvorrichtungen
- Festigkeit der Konstruktion.

6.101.2.3 Beschreibung der Prüfung

Der Leistungsschalter muß nach Tabelle XII geprüft werden.

Tabelle XII. Mechanische Funktionsprüfung

Schaltfolge	Spannung und Überdruck*)	Zahl der Schaltfolgen	
		Schalter mit KU	Schalter ohne KU
$C - t_a - O - t_a$	unterer Grenzwert Nennwert oberer Grenzwert	500 500 500	500 500 500
$O - t - CO - t_a - C - t_a$	Nennwert	250	—
$CO - t_a$	Nennwert	—	500
*) Versorgungsspannung und/oder Überdrücke der Ein- und Ausschaltvorrichtungen O: Ausschaltung C: Einschaltung CO: Einschaltung, der unmittelbar ohne absichtlichen Zeitverzug eine Ausschaltung folgt t_a : Zeit zwischen zwei Schaltungen, die zum Wiederherstellen der Anfangsbedingungen und/oder zur Vermeidung unzulässiger Erwärmung von Teilen des Leistungsschalters erforderlich ist (diese Zeit kann entsprechend der Art der Schaltspiele verschieden sein). t : 0,3 s für Leistungsschalter, die für Schnellwiedereinschaltung (KU) eingerichtet sind, falls nicht anders festgelegt			

6.101.3 Grenztemperaturprüfungen

6.101.3.1 Allgemeines

Grenztemperaturprüfungen sind nur nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber durchzuführen. Beide Prüfungen brauchen nicht nacheinander durchgeführt zu werden und die Reihenfolge ist beliebig. Für die Klasse „minus 5 Innenraum“ ist keine Prüfung erforderlich.

Für Leistungsschalter mit gemeinsamer Kapselung oder Leistungsschalter mit einzeipoliger Kapselung und mit einem gemeinsamen Antrieb sind dreipolige Prüfungen vorgeschrieben. Bei Leistungsschaltern mit einzeipoliger Kapselung und voneinander unabhängigen Polen ist die Prüfung eines vollständigen Poles zulässig.

Bei begrenzten Prüfmöglichkeiten dürfen Leistungsschalter mit einzeipoliger Kapselung mit einer oder mehreren der folgenden Möglichkeiten geprüft werden, wenn der Leistungsschalter hierbei in seinem Prüfaufbau keine günstigeren Bedingungen als die normalen Bedingungen für die mechanischen Schaltungen hat (siehe Abschnitt 6.101.2.2):

- a) verkürzte Abmessungen der Erdisolierung
- b) verkürzter Polabstand
- c) verringerte Anzahl der Bauelemente.

Falls Heizungen verwendet werden, müssen sie in Betrieb sein.

Flüssigkeits- oder Gas-Versorgungseinrichtungen für den Betrieb des Leistungsschalters müssen die Temperatur der Umgebungsluft haben, es sei denn, der Leistungsschalter benötigt eine Heizung für diese Versorgungseinrichtung.

Instandsetzungsarbeiten, Austausch von Teilen, Schmieren oder Justieren des Leistungsschalters sind während der Prüfung nicht erlaubt.

Anmerkung: Um die von der Temperatur abhängigen Materialeigenschaften, wie Alterung usw., zu bestimmen, können Prüfungen mit längerer Prüfdauer als die in den folgenden Abschnitten beschriebenen erforderlich sein.

Der Hersteller kann andererseits die Anforderungen dieser Norm dadurch erfüllen, daß er für eine bestehende Leistungsschalter-Baureihe zufriedenstellende Betriebserfahrungen an mindestens einem Aufstellungsort nachweist, an welchem die Umgebungstemperaturen häufig bei oder über der festgelegten höchsten Umgebungstemperatur von 40 °C liegen. Außerdem müssen zufriedenstellende Betriebserfahrungen mindestens für einen Aufstellungsort je nach Temperaturklasse des Leistungsschalters bei unteren Umgebungstemperaturen von –25 °C oder –40 °C nachgewiesen werden; siehe IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 2.

6.101.3.2 Messung der Temperatur der Umgebungsluft

Die Temperatur der Umgebungsluft des Prüfraumes ist auf der halben Höhe des Leistungsschalters in 1 m Entfernung vom Leistungsschalter zu messen. Die maximale Temperaturabweichung längs der Höhe des Leistungsschalters darf 5 K nicht überschreiten.

6.101.3.3 Prüfung bei unterer Grenztemperatur

Temperatur-Zeit-Diagramm für die festgelegte Prüfung siehe Bild 15 a.

Falls die Prüfung bei unterer Grenztemperatur unmittelbar nach jener bei oberer Grenztemperatur durchgeführt

wird, darf dies nach Abschluß von Abschnitt u) geschehen. In diesem Fall entfallen a) und b).

- a) Der Leistungsschalter muß nach Angaben des Herstellers eingestellt werden.
- b) Die Größen des Leistungsschalters müssen in Übereinstimmung mit Abschnitt 6.101.1.2 und bei einer Umgebungstemperatur T_A von (20 ± 5) °C ermittelt werden. Die Dichtheitsprüfung, falls zutreffend, muß an dem Leistungsschalter in geschlossener Stellung durchgeführt werden.
- c) Bei geschlossenem Leistungsschalter wird die Temperatur auf die Temperaturklasse des Leistungsschalters entsprechende Umgebungstemperatur T_L von –25 °C oder –40 °C gesenkt. Wenn die Temperatur sich auf T_L eingestellt hat, muß der Leistungsschalter während 24 h in geschlossener Stellung bleiben.
- d) Im Laufe dieser 24 h muß, falls zutreffend, in der geschlossenen Stellung und bei der Temperatur T_L eine Dichtheitsprüfung durchgeführt werden.
Eine über dem Anfangswert liegende Leckrate ist nur dann zulässig, wenn sie bei Erwärmung des Leistungsschalters auf die Umgebungstemperatur T_A und nach Abschluß der thermischen Ausgleichsvorgänge ihren Anfangswert wieder erreicht.
Die vorübergehend erhöhte Leckrate darf das 3fache des festgelegten zulässigen Wertes F_p nicht überschreiten; siehe Anhang EE.
- e) Nach 24 h bei der Temperatur T_L ist der Leistungsschalter bei den Nennwerten der Versorgungsspannung und des Betätigungsdruckes aus- und einzuschalten. Die Ausschaltzeit und die Einschaltzeit müssen ermittelt werden. Die Schaltgeschwindigkeit sollte, falls möglich, ermittelt werden.
- f) Das Verhalten des Leistungsschalters und seiner Warneinrichtungen und Sperren bei tiefen Temperaturen muß durch Ausschalten der Heizung für die Dauer von 2 h festgestellt werden. Die Dauer zwischen dem Ausschalten der Heizung und dem Ansprechen von Warneinrichtungen und Sperren oder Öffnen ohne Aus-Befehl sollte, falls zutreffend, festgehalten werden. Am Ende der 2 h muß ein Aus-Befehl bei den Nennwerten der Versorgungsspannung und des Betätigungsdruckes gegeben werden. Falls der Leistungsschalter nicht öffnet, ist die Heizung wieder einzuschalten und die Zeit, bis der Leistungsschalter auf Befehl öffnet, festzuhalten.
- g) Der Leistungsschalter muß dann weitere 24 h offen bleiben.
- h) Während dieser 24 h muß, falls zutreffend, in offener Stellung und bei der Temperatur T_L eine Dichtheitsprüfung durchgeführt werden.
Eine über dem Anfangswert liegende Leckrate ist nur dann zulässig, wenn sie bei Erwärmung des Leistungsschalters auf die Umgebungstemperatur T_A und nach Abschluß der thermischen Ausgleichsvorgänge ihren Anfangswert wieder erreicht.
Die vorübergehend erhöhte Leckrate darf das 3fache des festgelegten zulässigen Wertes F_p nicht überschreiten; siehe Anhang EE.
- i) Am Ende dieser 24 h sind bei der Temperatur T_L bei den Nennwerten der Versorgungsspannung und des Betätigungsdruckes 50 Einschaltungen und 50 Ausschaltungen durchzuführen. Zwischen jeder Schal-

tung oder jeder Schaltfolge ist eine Mindestpause von 3 min zulässig. Die erste Einschaltung und Ausschaltung müssen aufgezeichnet werden. Die Schaltgeschwindigkeit sollte, falls möglich, ermittelt werden.

Im Anschluß an die erste Einschaltung C und die erste Ausschaltung O sind 3 Schaltspiele CO ohne Zeitverzug und drei Schaltspiele (C- t_a -O- t_a) durchzuführen (t_a ist in Abschnitt 6.101.2.3 festgelegt).

- j) Nach Abschluß der 50 Einschaltungen und 50 Ausschaltungen ist die Umgebungstemperatur mit einer Änderungsgeschwindigkeit von ungefähr 10 K in der Stunde auf die Temperatur T_A zu erhöhen. Während der Temperaturänderung sind mit dem Leistungsschalter bei den Nennwerten der Versorgungsspannung und des Betätigungsdruckes abwechselnd die Schaltfolgen C- t_a -O- t_a -C und O- t_a -C- t_a -O zu schalten. Die wechselnden Schaltfolgen sollen im Abstand von 30 min durchgeführt werden, so daß der Leistungsschalter zwischen den Schaltfolgen jeweils 30 min in offener oder geschlossener Stellung bleibt.
- k) Wenn der Leistungsschalter sich der Umgebungstemperatur T_A thermisch angeglichen hat, sind die Betriebseigenschaften sowie die Dichtheit entsprechend a) und b) zum Vergleich mit den am Anfang ermittelten Werten festzustellen.

6.101.3.4 Prüfung bei oberer Grenztemperatur

Temperatur-Zeit-Diagramm für die festgelegten Prüfungen siehe Bild 15 b.

Falls die Prüfung bei oberer Grenztemperatur unmittelbar nach jener bei unterer Grenztemperatur durchgeführt wird, darf dies nach Abschluß von k) geschehen. In diesem Fall entfallen l) und m).

- l) Der Prüfschalter muß nach Angaben des Herstellers eingestellt werden.
- m) Die Größen des Leistungsschalters müssen in Übereinstimmung mit Abschnitt 6.101.1.2 bei einer Umgebungstemperatur von T_a von $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ermittelt werden. Die Dichtheitsprüfung, falls zutreffend, muß an dem Leistungsschalter in geschlossener Stellung durchgeführt werden.
- n) Bei geschlossenem Leistungsschalter ist die Umgebungstemperatur auf 40°C zu steigern. Wenn diese sich auf 40°C eingestellt hat, muß der Leistungsschalter während 24 h geschlossen bleiben.

Anmerkung: Wenn der Einfluß von Sonneneinstrahlung zu berücksichtigen ist, müssen die wirklichen Strahlungsverhältnisse nachgebildet werden, beispielsweise ihre Intensität und ihre Richtung, siehe IEC 68-2-5 (= DIN IEC 68 Teil 2-5). Zu beachten ist, daß eine Erhöhung der Umgebungstemperatur im Prüfraum die Wirkung der Einstrahlung nicht nachbildet.

- o) Im Laufe dieser 24 h muß, falls zutreffend, in der geschlossenen Stellung und bei der Temperatur von 40°C eine Dichtheitsprüfung durchgeführt werden. Eine über dem Anfangswert liegende Leckrate ist nur dann zulässig, wenn sie bei Erwärmung des Leistungsschalters auf die Umgebungstemperatur T_A und nach Abschluß der thermischen Ausgleichsvorgänge ihren Anfangswert wieder erreicht.

Die vorübergehend erhöhte Leckrate darf das 3fache des festgelegten zulässigen Wertes F_p nicht überschreiten; siehe Anhang EE.

- p) Nach 24 h bei der Temperatur von 40°C ist der Leistungsschalter bei den Nennwerten der Versorgungsspannung und des Betätigungsdruckes aus- und einzuschalten. Die Ausschaltzeit und die Einschaltzeit müssen ermittelt werden. Die Schaltgeschwindigkeit sollte, falls möglich, ermittelt werden.
- q) Der Leistungsschalter muß ausgeschaltet werden und anschließend weitere 24 h bei einer Temperatur von 40°C offenbleiben.
- r) Während dieser 24 h muß, falls zutreffend, in offener Stellung und bei der Temperatur von 40°C eine Dichtheitsprüfung durchgeführt werden. Eine über dem Anfangswert liegende Leckrate ist nur dann zulässig, wenn sie bei Erwärmung des Leistungsschalters auf die Umgebungstemperatur T_A und nach Abschluß der thermischen Ausgleichsvorgänge ihren Anfangswert wieder erreicht. Die vorübergehend erhöhte Leckrate darf das 3fache des festgelegten Wertes F_p nicht überschreiten; siehe Anhang EE.
- s) Am Ende dieser 24 h sind bei der Temperatur von 40°C bei den Nennwerten der Versorgungsspannung und des Betätigungsdruckes 50 Ein- und 50 Ausschaltungen durchzuführen. Zwischen jeder Schaltung oder jeder Schaltfolge ist eine Mindestpause von 3 min zulässig. Die erste Einschaltung und Ausschaltung müssen aufgezeichnet werden. Die Schaltgeschwindigkeit sollte, falls möglich, ermittelt werden.

Im Anschluß an die erste Einschaltung C und die erste Ausschaltung O sind drei Schaltspiele CO ohne Zeitverzug und drei Schaltspiele (C- t_a -O- t_a) durchzuführen (t_a ist in Abschnitt 6.101.2.3 festgelegt).

- t) Nach Abschluß der 50 Einschaltungen und 50 Ausschaltungen ist die Umgebungstemperatur mit einer Änderungsgeschwindigkeit von ungefähr 10 K in der Stunde auf die Temperatur T_A zu senken. Während der Temperaturänderung sind mit dem Leistungsschalter bei den Nennwerten der Versorgungsspannung und des Betätigungsdruckes abwechselnd die Schaltfolgen C- t_a -O- t_a -C und O- t_a -C- t_a -O zu schalten. Diese wechselnden Schaltfolgen sollten im Abstand von 30 min durchgeführt werden, so daß der Leistungsschalter zwischen den Schaltfolgen jeweils 30 min in offener oder geschlossener Stellung bleibt.
- u) Wenn der Leistungsschalter sich der Umgebungstemperatur T_A thermisch angeglichen hat, sind die Betriebseigenschaften sowie die Dichtheit entsprechend l) und m) zum Vergleich mit den am Anfang ermittelten Werten festzustellen.

6.101.4 Feuchtigkeitsprüfung

6.101.4.1 Allgemeines

Feuchtigkeitsprüfungen sind nur nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber für solche Schalterbauteile durchzuführen, die durch Feuchte beeinflusst werden können.

Das in Abschnitt 6.101.4.2 beschriebene Prüfverfahren ist für Bauteile mit einer thermischen Zeitkonstante von etwa 10 min anwendbar.

Anmerkung: Die Prüfung für Bauteile mit größerer thermischer Zeitkonstante ist in Beratung.

6.101.4.2 Prüfverfahren

Die Schalterbauteile müssen in einem Prüfraum aufgestellt werden, in dem Luft mit folgender Temperatur und Feuchte zirkuliert:

- Die Temperatur ist zyklisch zwischen $(25 \pm 3)^\circ\text{C}$ und $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ entsprechend Bild 16 zu verändern.
- Die relative Feuchte ist während des Temperaturanstieges und wenn die Temperatur auf 40°C gehalten wird, konstant über 95 % zu halten.

Anmerkung: Um diese Prüfbedingungen zu erreichen, sollte Wasserdampf direkt in den Raum geblasen oder erhitztes Wasser zerstäubt werden. Der Temperaturanstieg von 25°C auf 40°C kann durch Aufheizung mit diesem Wasserdampf oder mit diesem zerstäubten Wasser oder, falls notwendig, mit zusätzlichen Heizgeräten erreicht werden.

Während der Temperatursenkung ist kein Wert für die relative Feuchte festgelegt; für den Zeitraum konstanter Temperatur von 25°C muß sie über 80 % betragen.

Um eine gleichmäßige Ausbreitung der Feuchte im Prüfraum zu erreichen, muß die Luft zirkulieren.

Das Wasser zur Einstellung der Luftfeuchte soll so beschaffen sein, daß im Raum aufgefangenes Wasser einen spezifischen Widerstand von mindestens $100\ \Omega \cdot \text{Meter}$ hat und weder Salz (NaCl) noch korrosive Bestandteile enthält.

Anmerkung: Falls es die Einrichtungen des Prüfraumes erlauben, können die Zeiten t_1 und t_3 verringert werden. Dann sind jedoch die Zeiten t_2 und t_4 so zu erhöhen, daß die Summe $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$ konstant bleibt.

Die Anzahl der Prüfzyklen muß 350 betragen.

Nach der Prüfung dürfen die Funktionen der Schalterbauteile nicht beeinträchtigt sein. Hilfs- und Steuerkreise müssen eine Prüfwechselspannung von $1500\ \text{V}$ 1 min halten. Sofern Korrosion auftritt, ist das Ausmaß im Prüfbericht zu beschreiben.

6.101.5 Schalten unter schwerer Vereisung

Die Prüfung unter schwerer Vereisung ist nur für Freiluft-Leistungsschalter mit bewegten äußeren Teilen anwend-

bar, für die eine Eisstärke von 10 mm oder 20 mm festgelegt ist. Die Prüfung muß nach IEC 129 (= DIN VDE 0670 Teil 2) durchgeführt werden.

6.101.6 Anleitung für die Prüfung mit statischem Klemmenzug

6.101.6.1 Allgemeines

Die Prüfung mit statischem Klemmenzug ist nur für Freiluft-Leistungsschalter mit Nennspannungen von 52 kV und darüber anwendbar.

Sie wird nur nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber durchgeführt, um die einwandfreie Funktion des Leistungsschalters bei Beanspruchung durch Eis und Windlast sowie die angeschlossenen Leitungen nachzuweisen. Eisbelag und Winddruck auf den Schalter müssen IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 2.1.2, entsprechen.

Anhaltswerte für statische Kräfte bei Anschluß von Seilen und Rohrleitern (Wind- und Eislasten auf den Schalter selbst sind nicht eingeschlossen) sind in Tabelle XIII angegeben.

Es wird angenommen, daß die Zugkräfte der Anschlußleiter am äußersten Ende des Leistungsschalteranschlusses wirken.

Die statischen Kräfte an den Anschlüssen werden durch die gleichzeitige Wirkung von Eis, Wind und Anschlußleiter und den daraus resultierenden Kräften F_{shA} , F_{shB} und F_{sv} bestimmt, siehe Bild 17.

Wenn der Hersteller durch Berechnung nachweisen kann, daß der Leistungsschalter die Beanspruchungen beherrscht, brauchen keine Prüfungen durchgeführt zu werden.

6.101.6.2 Prüfungen

Die Prüfungen sind bei Umgebungstemperatur durchzuführen.

Die Prüfungen sollen vorzugsweise mindestens an einem vollständigen Pol eines Leistungsschalters durchgeführt werden. Kann der Hersteller nachweisen, daß keine Wechselwirkung zwischen verschiedenen Säulen eines Poles besteht, ist die Prüfung einer Säule ausreichend. Bei Leistungsschaltern, deren Pole zu ihrer vertikalen Mittellinie symmetrisch sind, braucht nur ein Anschluß mit dem Nenn-Klemmenzug geprüft zu werden. Bei Leistungsschaltern ohne diese Symmetrie muß jeder Anschluß geprüft werden.

Tabelle XIII. Anhaltswerte für statische Kräfte an den Anschlüssen

1 Nennspannungsbereich	2 Nennstrombereich	3 Horizontale Kraft F_{th}		5 Vertikale Kraft F_{tv}
		in Achsrichtung F_{thA}	quer zu Achsrichtung F_{thB}	
kV	A	N	N	N
52 bis 72,5	800 bis 1250	500	400	500
52 bis 72,5	1600 bis 2500	750	500	750
100 bis 170	1250 bis 2000	1000	750	750
100 bis 170	2500 bis 4000	1250	750	1000
245	1600 bis 3150	1250	1000	1250
420	2000 bis 4000	1750	1250	1500

Der Nachweis ist durch fünf Prüfungen nach Bild 18 zu führen:

1. mit der horizontalen Kraft F_{shA} , aufgebracht in der Längsachse (Richtung A)
2. mit der horizontalen Kraft F_{shB} , nacheinander aufgebracht in beiden Richtungen quer zur Längsachse (Richtungen B_1 und B)
3. mit der vertikalen Kraft F_{sv} , nacheinander aufgebracht in beiden Richtungen (Richtungen C_1 und C_2):

Anstelle einer Windkraft, die in der Mitte des Leistungsschalters anzunehmen ist, darf diese am Anschluß (siehe Bild 17) aufgebracht werden, wobei sie in ihrer Größe entsprechend dem längeren Hebelarm verkleinert wird (das Biegemoment am untersten Teil des Leistungsschalters soll gleich bleiben).

Bei jeder der festgelegten fünf Prüfungen sind zwei Schaltspiele durchzuführen:

6.102 Verschiedene Bestimmungen für Ein- und Ausschaltprüfungen

Falls in den betreffenden Abschnitten nicht anders festgelegt, gelten für alle Ein- und Ausschaltprüfungen die folgenden Abschnitte.

6.102.1 Allgemeines

Leistungsschalter mit gemeinsamer Betätigung aller drei Pole müssen alle symmetrischen und asymmetrischen Kurzschlußströme bis einschließlich dem Nenn-Kurzschlußausschaltstrom ein- und ausschalten können. Dies gilt als nachgewiesen, wenn der Leistungsschalter dreiphasige symmetrische und asymmetrische Ströme zwischen 10 % (oder gegebenenfalls kleinere Ströme nach Abschnitt 6.107.2, sofern Abschnitt 6.107.1 anwendbar ist) und 100 % des Nenn-Kurzschlußausschaltstromes bei Nennspannung ein- und ausschaltet.

Zusätzlich müssen Leistungsschalter, die für den Einsatz in einem Netz mit niederohmiger Sternpunktterdung oder für einpoliges Schalten vorgesehen sind, einphasige Kurzschlußströme zwischen 10 % (oder gegebenenfalls kleinere Ströme nach Abschnitt 6.107.2, sofern Abschnitt 6.107.1 anwendbar ist) und 100 % des Nenn-Kurzschlußausschaltstromes bei der der Nennspannung entsprechenden Leiter-Erde-Spannung ein- und ausschalten können.

Für dreipolige Leistungsschalter dürfen alle Anforderungen für das Ein- und Ausschalten von dreiphasigen oder, falls erforderlich, einphasigen Kurzschlüssen an einem dreipoligen Leistungsschalter nachgewiesen werden, dessen drei Pole gemeinsam schalten.

Die Anforderungen an dreipoliges Ein- und Ausschalten sollten vorzugsweise in dreiphasigen Prüfkreisen nachgewiesen werden.

Wenn die Prüfungen in einem Prüffeld durchgeführt werden, dürfen treibende Spannung, Strom, Einschwingspannung und betriebsfrequente wiederkehrende Spannung von einer einzigen Energiequelle (direkte Prüfungen) oder von mehreren Energiequellen geliefert werden, wobei der gesamte oder der überwiegende Anteil des Kurzschlußstromes von einer Energiequelle und die Einschwingspannung vollständig oder überwiegend von einer oder mehreren getrennten Energiequellen geliefert werden (synthetische Prüfungen).

Ist wegen Begrenzung der Prüfanlage die Kurzschlußprüfung des Leistungsschalters in der beschriebenen

Weise nicht möglich, so dürfen verschiedene Verfahren eingesetzt werden, denen entweder direkte oder synthetische Prüfmethode je nach Art des zu prüfenden Leistungsschalters einzeln oder miteinander kombiniert zugrunde liegen:

- a) Einzelpolprüfung
- b) Elementprüfung
- c) Prüfung in mehreren Teilen.

6.102.1.1 Einzelpolprüfung

Bei diesem Verfahren wird ein einzelner Pol eines dreipoligen Leistungsschalters einphasig geprüft, indem der Pol mit dem gleichen Strom und praktisch der gleichen betriebsfrequenten Spannung beaufschlagt wird, mit denen der am höchsten beanspruchte Pol bei einer dreipoligen Ein- und Ausschaltung eines dreipoligen Schalters unter entsprechenden Bedingungen beansprucht würde (siehe Abschnitt 6.102.3.1).

6.102.1.2 Elementprüfung

Bestimmte Leistungsschalter sind aus in Reihe geschalteten gleichen Aus- oder Einschalt-elementen aufgebaut. Dabei wird die gleichmäßige Spannungsverteilung zwischen den Elementen eines jeden Poles häufig durch Parallel-Impedanzen verbessert.

Diese Bauweise ermöglicht den Nachweis des Aus- oder Einschaltvermögens eines Leistungsschalters durch Prüfung nach Abschnitt 6.102.3.2 an einem oder mehreren Schaltelementen.

6.102.1.3 Prüfung in mehreren Teilen

Falls nicht alle Anforderungen an die Einschwingspannung für eine Prüfschaltfolge gleichzeitig erfüllt werden können, dürfen zwei oder mehrere Prüfkreise nacheinander angewandt werden; Beispiel siehe Bild 27. Siehe Abschnitt 6.102.3.3.

Anmerkung: Für Leistungsschalter, die mit Einschaltwiderständen oder niederohmigen Ausschaltwiderständen ausgerüstet sind, dürfen besondere Prüfverfahren angewandt werden.

6.102.2 Anordnung des Leistungsschalters bei den Prüfungen

Der zu prüfende Leistungsschalter ist vollständig auf seinem eigenen oder einem gleichwertigen Gestell zu montieren.

Ein gekapselter Leistungsschalter muß mit der zugehörigen Unterkonstruktion und der Kapselung vollständig montiert werden. Dabei sind Trenneinrichtungen, zugehörige Druckentlastungsöffnungen und, sofern durchführbar, die Hauptanschlüsse und die Sammelschienen einzubeziehen. Sein Antrieb muß in der festgelegten Art und Weise betätigt werden.

Wird der Schalter elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch angetrieben, so muß bei Beginn der Schaltfolge die untere Grenze der Versorgungsspannung oder des Betätigungsdruckes nach IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102), Abschnitte 4.8 und 4.10, und IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 103), Abschnitt 5.7, vorliegen, sofern in den einschlägigen Abschnitten nichts anderes festgelegt ist.

Es ist nachzuweisen, daß der Schalter unter diesen Bedingungen bei Leerschaltungen nach Abschnitt 6.102.5 zufriedenstellend arbeitet. Druckgasschalter sind bei der unteren Grenze des Überdruckes des Löschgases nach IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 103), Abschnitt 5.103, zu

prüfen, sofern in den einschlägigen Abschnitten nichts anderes festgelegt ist.

Anmerkung: Stromabrisse können bei höchstem Betätigungsdruck und/oder bei höchstem Gasüberdruck beziehungsweise bei höchster Gasdichte ausgeprägter auftreten.

Ein Leistungsschalter muß entsprechend seinem Typ wie folgt geprüft werden:

- a) Mehrpoliger Schalter im gemeinsamen Gehäuse
Ein dreipoliger Leistungsschalter mit Löscheinrichtungen in einem gemeinsamen Gehäuse muß als vollständiger dreipoliger Leistungsschalter in dreiphasigen Prüfkreisen geprüft werden. Dies gilt auch für Erdfehlerbedingungen.

Die Gründe hierfür sind:

- Möglichkeit des Überschlages zwischen den Polen oder gegen Erde wegen ausgestoßener Gase.
- Mögliche Unterschiede im Zustand des Löschmittels (Druck, Temperatur, Verunreinigungsgrad usw.).
- Mögliche gegenseitige Beeinflussung der Pole durch elektrodynamische Kräfte bei dreiphasigen Fehlern.
- Mögliche Unterschiede in der Belastung des Antriebsmechanismus.

- b) Mehrpolige Schalter mit getrennten Gehäusen je Pol
Ein dreipoliger Leistungsschalter, der aus drei voneinander unabhängigen Schalterpolen besteht, darf nach Abschnitt 6.102.1.1 einphasig geprüft werden, sofern die Anforderungen an die Gleichzeitigkeit der Pole nach IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 103), Abschnitt 5.101, erfüllt sind.

Ein dreipoliger Leistungsschalter, dessen Schalterpole nicht vollständig voneinander unabhängig sind, muß vorzugsweise als komplette dreipolige Einheit geprüft werden. Zur Vereinfachung oder wegen der Begrenzung der verfügbaren Prüfeinrichtungen, darf jedoch ein Einzelpol des dreipoligen Leistungsschalters geprüft werden. Hierbei wird vorausgesetzt, daß für den Einzelpol bei den Prüfungen gleichwertige oder zumindest keine erleichternden Bedingungen vorliegen. Dies gilt insbesondere für:

- Einschaltgeschwindigkeit
- Ausschaltgeschwindigkeit
- Verfügbarkeit des Löschmittels
- Leistung und Kraft des Antriebes
- Festigkeit des Gestells

6.102.2.1 Leistungsschalter mit Überstromauslösern

Mit Primärauslösern ausgerüstete Leistungsschalter sind unter Berücksichtigung der Bestimmungen von Abschnitt 6.103.4 für die Prüfschaltfolgen 1 bis 5 (Abschnitt 6.106) mit den Überstromauslöse-Spulen auf der Speise-seite des Prüfkreises wie folgt aufzubauen:

Der Auslöser ist mit der Spule mit dem größten Nennstrom zu versehen und für die Prüfschaltfolgen 1, 2, 3 und 4 so einzustellen, daß er beim höchsten Strom mit der größten Zeitverzögerung arbeitet.

Für die Prüfschaltfolge 5 ist er auf den kleinsten Strom und die kleinste Zeitverzögerung einzustellen.

Anmerkung: Ist die Zeitverzögerung für das Oszillographieren zu groß, so darf sie kürzer eingestellt oder

– nur für die Prüfschaltfolgen 1 und 2 – unwirksam gemacht werden.

6.102.3 Prüfverfahren, Allgemein

6.102.3.1 Einzelpolprüfung eines dreipoligen Leistungsschalters

Wenn die Leistungsschalterbauweise eine Einzelpolprüfung zur Nachbildung der dreiphasigen Bedingungen ermöglicht und der Schalter mit einem gemeinsamen Antrieb für alle drei Pole ausgestattet ist, muß für die Prüfungen eine vollständige dreipolige Einheit aufgebaut werden.

Die Kenngrößen der Kontaktbewegung (Geschwindigkeit und Hub) des vollständigen Leistungsschalters müssen bei einem geeigneten Versuch aufgezeichnet werden. Dieser Versuch muß die höchsten Beanspruchungen nachbilden, die der Schalterantrieb bei tatsächlichen Kurzschlüssen mit Nenn-Kurzschlußausschaltstrom und der höchsten verfügbaren Spannung, die jedoch nicht höher als die Nennspannung sein darf, beherrschen muß.

Einzelpolprüfungen an einem solchen Leistungsschalter mit Nenn-Kurzschlußausschaltstrom sind dann mit den so ermittelten Kenngrößen der Kontaktbewegung auszuführen. Diese Prüfungen sind mit einer Grenzabweichung von $\pm 10\%$ sowohl in der Kontaktgeschwindigkeit als auch in der Löschdistanz der Kontakte durchzuführen. Diese Grenzabweichung gilt für den Bereich vom Augenblick der Kontakttrennung bis zu einem Hub entsprechend dem Zeitpunkt der längsten Lichtbogenzeit. Bei kleineren Strömen kann die Kontaktgeschwindigkeit abweichen.

Anmerkung: Um die richtigen Kenngrößen der Kontaktbewegung zu erreichen, kann es erforderlich sein, die Antriebsenergie, die beweglichen Massen usw. entsprechend anzupassen.

Dem Austritt von Lichtbogenprodukten soll besondere Beachtung geschenkt werden. Falls dadurch beispielsweise die Isolierung zu benachbarten Polen beeinträchtigt werden könnte, muß dies unter Verwendung von gerdeten metallischen Schirmen überprüft werden (siehe Abschnitt 6.102.7).

6.102.3.2 Elementprüfung

Falls ein Prüffeld nicht für die Prüfung eines vollständigen dreipoligen Leistungsschalters oder eines einzelnen Poles ausgerüstet ist, dürfen abhängig vom Typ Prüfungen an einem oder an mehreren Schaltelementen durchgeführt werden.

Die Anforderungen nach den Abschnitten 6.102.2 und 6.102.3.1 gelten auch für die Elementprüfung.

Da hiernach wenigstens ein vollständiger Pol für die Prüfungen an einem oder mehreren Schaltelementen bereitgestellt werden muß, gelten die Prüfergebnisse ausschließlich für den geprüften Pol.

Bei Leistungsschaltern, die aus einzelnen oder Gruppen von Schaltelementen bestehen, welche getrennt betätigt werden können, dürfen Elemente oder Gruppen von Elementen geprüft werden, sofern hierbei für die Versorgung mit dem Antriebsmittel keine günstigeren Bedingungen als für den vollständigen Leistungsschalter vorliegen.

Falls ein Schaltelement für unterschiedliche Nennspannungen von Leistungsschaltern eingesetzt wird, darf zwischen Hersteller und Betreiber vereinbart werden, daß

für eine bestimmte Nennspannung nur die schwierigsten Prüfbedingungen Anwendung finden.

Voraussetzung für eine Elementprüfung ist, daß die Schaltelemente baugleich sind und die stationäre Spannungsverteilung für den jeweiligen Schaltfall (Klemmenkurzschluß, Abstandskurzschluß, Schalten unter Asynchronbedingungen usw.) bekannt ist.

6.102.3.2.1 Baugleichheit der Schaltelemente

Die Schaltelemente des Leistungsschalters müssen in ihrem Aufbau, ihren Abmessungen und ihren Arbeitsbedingungen gleich sein; nur die Einrichtungen zur Steuerung der Spannungsverteilung an den Elementen dürfen verschieden sein. Im besonderen müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

- a) Schalten der Kontakte
Das Öffnen der Kontakte eines Poles bei Ausschaltversuchen oder das Schließen bei Einschaltversuchen muß bei Nennüberdruck und Nenn-Versorgungsspannung so erfolgen, daß die Zeitdifferenz zwischen dem Öffnen oder Schließen der Kontakte des zuerst schaltenden Elementes und dem Öffnen oder Schließen der Kontakte des zuletzt schaltenden Elementes nicht mehr als $1/8$ Periode der Nennfrequenz beträgt. Siehe DIN VDE 0670 Teil 103, Abschnitt 5.101.
- b) Löschmittel-Versorgung
Für einen Leistungsschalter mit Löschmittelversorgung für die Schaltelemente von außen muß die Versorgung für jedes Element praktisch unabhängig von der anderer Elemente sein. Die Zuleitung muß so erfolgen, daß eine praktisch gleichzeitige und gleichartige Versorgung aller Elemente gewährleistet ist.
- c) Zustand des Löschmittels
Der Leistungsschalter und seine Schaltelemente müssen so gebaut sein, daß während des Aus- und Einschaltens der Zustand (z.B. Temperatur, Druck usw.) und der Durchsatz des Löschmittels, in welchem der Lichtbogen brennt, in jedem Element praktisch nicht vom Schalten der anderen Elemente beeinflusst werden.
Im besonderen darf wegen Fehlens des Lichtbogens in den anderen, normalerweise in Reihe geschalteten, aber nicht mitgeprüften Schaltelementen weder die Zufuhr des Löschmittels zum geprüften Element erhöht noch das Ausströmen der Lichtbogenprodukte erleichtert werden.
Austretende ionisierte Schaltgase sollten so gerichtet sein, daß sie nicht zu einem Versagen von benachbarten Schaltelementen in demselben oder in den übrigen Polen führen. Auch dürfen austretende Schaltgase nicht zum Versagen des gesamten Leistungsschalters durch Teil- oder Totalüberschläge führen.

6.102.3.2.2 Spannungsverteilung

Die Prüfspannung wird aus der Spannungsverteilung über die Schaltelemente des Schalterpols bestimmt.

Da die Spannungsverteilung über die Schaltelemente eines Poles durch die Erde beeinflusst wird, muß sie für die einschlägigen Prüfbedingungen bestimmt werden, die für die Prüfungen an einem vollständigen Pol gelten.

Für Klemmenkurzschluß siehe Abschnitte 6.103.3 c) und d) sowie Bilder 21 a, 21 b und 22 a und 22 b; für Ab-

standskurzschluß siehe Abschnitt 6.109.3, für Schalten unter Asynchronbedingungen siehe Abschnitt 6.109.2 und Bilder 29, 30 und 31.

Falls die Schaltelemente nicht symmetrisch angeordnet sind, muß die Spannungsverteilung auch bei vertauschten Anschlüssen bestimmt werden.

Wenn der Schalter mit Parallel-Widerständen ausgerüstet ist, muß die Spannungsverteilung für die Frequenz entsprechend der Einschwingspannung berechnet oder stationär gemessen werden.

Anmerkung 1: Diese Äquivalenzfrage wird beim 4-Parameter-Verfahren mit $1/(3 t_1)$ und beim 2-Parameter-Verfahren mit $1/(2 t_3)$ angenommen (siehe Bilder 23 und 24).

Für die Abstandskurzschluß-Elementprüfung muß die Spannungsverteilung berechnet oder stationär gemessen werden. Dabei ist auf der Leitungsseite die Grundfrequenz der Leitungsschwingung und auf der Speiseseite die Äquivalenzfrequenz entsprechend der Einschwingspannung bei Klemmenkurzschluß zugrunde zu legen, wobei der gemeinsame Punkt der beiden Spannungen am Erdpotential liegt.

Werden nur Kondensatoren verwendet, darf die Spannungsverteilung bei Betriebsfrequenz berechnet oder gemessen werden.

Die Herstellungstoleranzen der Widerstände und Kondensatoren sind zu berücksichtigen. Der Hersteller muß die Toleranzen angeben.

Anmerkung 2: Es darf berücksichtigt werden, daß die Spannungsverteilung beim Ausschalten unter Asynchronbedingungen günstiger sein kann als bei Klemmen- oder Abstandskurzschluß.
Dies gilt auch, wenn in Ausnahmefällen Prüfungen unter den Bedingungen eines ungeerdeten Kurzschlusses in Netzen mit niederohmig geerdetem Sternpunkt durchgeführt werden müssen.

Anmerkung 3: Der Einfluß der Verschmutzung wird bei der Bestimmung der Spannungsverteilung nicht berücksichtigt. In gewissen Fällen kann die Verschmutzung die Spannungsverteilung beeinflussen.

6.102.3.2.3 Anforderungen für Elementprüfungen

Alle Elementprüfungen sind mit der den Möglichkeiten des Prüffeldes entsprechenden Höchstzahl von in Reihe geschalteten Elementen bei den festgelegten Ein- und Ausschaltströmen durchzuführen.

Wenn ein einziges Schaltelement geprüft wird, muß die Prüfspannung die nach Abschnitt 6.102.3.2.2 ermittelte Spannung des am meisten beanspruchten Elementes des ganzen Schalterpols sein. Für Abstandskurzschluß ist dies jenes Element, welches im festgelegten Zeitpunkt des ersten Scheitelwertes der leitungsseitigen transienten Spannung am stärksten beansprucht wird.

Bei der Prüfung einer Gruppe von Schaltelementen muß die an den Klemmen des höchstbelasteten Elementes der Gruppe auftretende Spannung gleich derjenigen des höchstbelasteten Elementes des ganzen Pols sein, wobei beide Spannungen in Übereinstimmung mit Abschnitt 6.102.3.2.2 zu bestimmen sind.

Bei Elementprüfungen ist die Isolierung gegen Erde nicht mit der vollen Spannung beansprucht, wie sie bei einer Ausschaltung des ganzen Schalters auftritt. Für bestimmte Leistungsschalterttypen, wie metallgekapelte Schalter, ist deshalb nachzuweisen, daß nach Unterbre-

chung des Nenn-Kurzschlußausschaltstromes mit maximaler Lichtbogenzeit in allen Elementen die Erdisolierung der vollen Spannung standhält. Der Eindruck von ausgestoßenen Schaltgasen sollte ebenfalls berücksichtigt werden.

Anmerkung 1: Eine Prüfung darf so durchgeführt werden, daß der volle Strom durch alle Schaltelemente eines Poles fließt, und daß gleichzeitig eine von einer getrennten Spannungsquelle gelieferte Spannung an die Kapselung angelegt wird.

Anmerkung 2: Für Ströme kleiner als der Nenn-Kurzschlußausschaltstrom gelten höhere Einschwingspannungen. Es kann erforderlich sein, das Verhalten des Leistungsschalters unter diesen Bedingungen ebenfalls zu überprüfen.

6.102.3.3 Prüfung in mehreren Teilen

Bei der ersten Teilprüfung darf der Anfangsverlauf der Einschwingspannung die Verzögerungslinie nicht kreuzen und muß dem festgelegten Referenzlinienzug bis zu der Spannungsordinate u_1 und der Zeitordinate t_1 genügen.

Bei der zweiten Teilprüfung müssen die Spannungsordinate u und die Zeitordinate t_2 erreicht werden (siehe Bild 27).

Wenn bei diesen Prüfungen der Bereich unterhalb des festgelegten Referenzlinienzuges nicht ausreichend abgedeckt wird, ist eine dritte Teilprüfung erforderlich, bei welcher der Scheitelwert der Einschwingspannung in der Mitte zwischen u_1 und u_c und die zugehörige Zeitordinate in der Mitte zwischen t_1 und t_2 liegen.

Falls bei Teilprüfungen, die Bestandteil einer Prüfung in mehreren Teilen sind, die Lichtbogenzeiten – gemessen vom gleichen Zeitpunkt der Kontakttrennung an – erheblich voneinander abweichen, ist es erforderlich, die kurzen Lichtbogenzeiten zu verlängern, um bei allen Prüfungen die längsten Lichtbogenzeiten zu erhalten.

6.102.4 Synthetische Prüfung

Synthetische Prüfverfahren sind in IEC 427 (= DIN VDE 0670 Teil 108) beschrieben und dürfen für Ein- und Ausschaltprüfungen nach Abschnitt 6.102 bis 6.111 angewendet werden.

6.102.5 Mechanische Schaltungen vor den Prüfungen

Vor Beginn der Kurzschlußprüfungen sind Leerschaltungen durchzuführen und Einzelheiten der Schaltkenngößen des Leistungsschalters, wie Kontaktgeschwindigkeit und Ausschalt- und Einschaltzeit, aufzunehmen.

Bei Leistungsschaltern, die mit einem Einschaltstromauslöser ausgerüstet sind, muß gezeigt werden, daß dieser bei Leerschaltungen nicht anspricht.

An elektrisch betätigten Leistungsschaltern sind Leerschaltungen durchzuführen, bei denen die Einschaltspeule mit 105 %, 100 % und 85 % der Nenn-Versorgungsspannung der Einschaltvorrichtung gespeist wird, und bei denen der Ausschalt Hilfsauslöser mit 110 %, 100 % und 85 % der Nenn-Versorgungsspannung bei Wechselspannung bzw. mit 110 %, 100 % und 70 % der Nenn-Versorgungsspannung bei Gleichspannung beaufschlagt wird.

Bei Druckluft- oder Hydraulikantrieben müssen die Prüfungen unter den folgenden Bedingungen für den in den IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 103), Abschnitten 5.5 und 5.6, festgelegten Nennüberdruck und seine Grenzwerte durchgeführt werden:

- Unterer Grenzwert des Nennüberdruckes, wobei die Ausschaltauslöser mit 85 % ihrer Nenn-Versorgungsspannung bei Wechselstrom bzw. 70 % bei Gleichstrom zu speisen sind. Die Einschaltauslöser sind mit 85 % ihrer Nenn-Versorgungsspannung zu speisen.
- Nennüberdruck, wobei die Auslöser mit Nenn-Versorgungsspannung zu speisen sind.
- Oberer Grenzwert des Nennüberdruckes, wobei die Auslöser mit 110 % ihrer Nenn-Versorgungsspannung zu speisen sind.
- Oberer Grenzwert des Nennüberdruckes, wobei die Ausschaltauslöser mit 85 % ihrer Nenn-Versorgungsspannung bei Wechselstrom bzw. 70 % bei Gleichstrom zu speisen sind. Die Einschaltauslöser sind mit 85 % ihrer Nenn-Versorgungsspannung zu speisen.

Bei Leistungsschaltern mit Federantrieb sind Prüfungen durchzuführen, bei denen die Einschaltauslöser bei 110 %, 100 % und 85 % ihrer Nenn-Versorgungsspannung gespeist werden. Die Ausschaltauslöser sind mit 110 %, 100 % und mit 85 % der Nenn-Versorgungsspannung bei Wechselstrom bzw. 70 % bei Gleichstrom zu speisen.

6.102.6 Schalten mit unterschiedlichen Einschaltantrieben

Wenn ein Leistungsschalter für die Verwendung mit unterschiedlichen Einschaltantrieben gebaut ist, muß für jeden Einschaltantrieb eine gesonderte Reihe von Kurzschluß-Prüfschaltfolgen durchgeführt werden. Dies ist nicht erforderlich, wenn nachgewiesen werden kann, daß der Wechsel des Einschaltantriebs das Verhalten des gemeinsamen Teils, insbesondere im Hinblick auf die Ausschaltkenngößen des Leistungsschalters, nicht beeinträchtigt.

Wenn dies befriedigend nachgewiesen werden kann, ist nur eine einzige, vollständige Reihe von Kurzschluß-Prüfschaltfolgen nötig, wobei ein beliebiger der vorgesehenen Antriebe verwendet werden kann. Jedoch ist jede Kurzschluß-Prüfschaltfolge, die Einschaltungen einschließt (siehe Abschnitt 6.106.4), mit allen anderen Antrieben zu wiederholen.

6.102.7 Verhalten des Leistungsschalters während der Prüfungen

Während Ein- und Ausschaltprüfungen darf der Leistungsschalter weder Anzeichen von Überbeanspruchung zeigen noch das Bedienungspersonal gefährden.

Aus Ölschaltern dürfen keine Flammen austreten. Die entstehenden Gase einschließlich des mitgerissenen Öles müssen vom Leistungsschalter und von allen spannungsführenden Teilen sowie Orten, an denen sich Personen aufhalten können, weggelenkt werden.

Falls bei anderen Leistungsschalterttypen ein erheblicher Auswurf von Flammen und Metallpartikeln auftritt, kann es bei Kurzschlußprüfungen notwendig sein, metallische Schirme in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen in einem vom Hersteller anzugebenden Sicherheitsabstand anzubringen.

Diese Schirme sind isoliert aufzustellen und über eine Vorrichtung, die zur Anzeige nicht vernachlässigbarer Ströme geeignet ist, mit Erde zu verbinden.

Während der Prüfung dürfen nur vernachlässigbare Ströme zum Schaltergestell oder von vorhandenen Abschirmungen zur Erde fließen. Im Zweifelsfall sollten die

geerdeten Teile durch eine Art Sicherung, die aus einem Kupferdraht von 0,1 mm Durchmesser und 5 cm Länge besteht, mit der Erde verbunden werden. Falls die Sicherung nach der Prüfung noch intakt ist, wird angenommen, daß allenfalls ein vernachlässigbarer Strom geflossen ist. Unter bestimmten Bedingungen kann es erforderlich sein, eine feste elektrische Verbindung zwischen dem Untergestell des Leistungsschalters und Erde herzustellen. In solchen Fällen ist es zulässig, das Untergestell über die Primärwicklung eines geeigneten Transformators mit dem Übersetzungsverhältnis 1:1 zu erden, wobei eine Sicherung zwischen die Klemmen der Sekundärwicklung gelegt und die Anschlüsse durch eine Funkenstrecke geschützt werden.

Schaltüberspannungen beim Prüfen des Ausschaltvermögens für unbelastete Leitungen und Kabel, für Kondensatoren sowie für kleine induktive Ströme dürfen die zulässigen Werte, die vom Hersteller festgelegt wurden, nicht überschreiten [siehe IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102), Abschnitte 4.107 bis 4.110 und 4.112]. Außenüberschläge dürfen nicht auftreten.

6.102.8 Zustand des Leistungsschalters nach den Prüfungen

6.102.8.1 Allgemeines

Der Leistungsschalter darf nach jeder Prüfschaltfolge inspiziert werden. Seine mechanischen Teile und Isolatoren müssen praktisch im gleichen Zustand wie vor der Prüfung sein.

6.102.8.2 Zustand nach einer Kurzschluß-Prüfschaltfolge

Nach jeder Kurzschluß-Prüfschaltfolge muß der Leistungsschalter in der Lage sein, seinen Nenn(betriebs)strom bei Nennspannung betriebsmäßig ein- und auszuschalten, selbst wenn sein Kurzschluß-Ein- und Ausschaltvermögen möglicherweise beeinträchtigt ist.

Die Hauptkontakte müssen besonders hinsichtlich Abbrand, Kontaktfläche, Druck und Beweglichkeit in einem solchen Zustand sein, daß sie den Nenn(betriebs)strom des Schalters führen können. Dabei darf die Erwärmung die in IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 4.4.2, Tabelle V, festgelegten Werte um nicht mehr als 10 K übersteigen. Im Zweifelsfall kann eine zusätzliche Erwärmungsprüfung notwendig sein. Die Erfahrung zeigt, daß eine Zunahme des Spannungsfalls über dem Schalter allein nicht als verlässlicher Beweis einer Zunahme der Temperaturerhöhung angesehen werden kann.

Kontakte gelten nur dann als versilbert, wenn an den Kontaktstellen nach einer Kurzschluß-Prüfschaltfolge noch eine Silberschicht vorhanden ist; andernfalls sind sie als nicht versilbert anzusehen [siehe IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 100), Abschnitt 4.4.2, Tabelle V, Anmerkung 5].

6.102.8.3 Zustand nach einer Kurzschluß-Prüfserie

Um das Verhalten des Leistungsschalters nach der Prüfung zu kontrollieren, sind nach den Kurzschluß-Prüfungen stromlose Ein- und Ausschaltungen durchzuführen und mit den entsprechenden Schaltungen nach Abschnitt 6.102.5 zu vergleichen. Dabei dürfen sich keine wesentlichen Unterschiede zeigen. Der Schalter muß einwandfrei schließen und verlinken.

Nach Beendigung der ganzen Serie von Kurzschlußprüfschaltfolgen können sich lokale Anbrennungen an der

Isolier-Auskleidung von Öl-Kesselschaltern herausstellen. Wenn dadurch die Auskleidung ihre Funktionsfähigkeit nicht verliert, sind solche Beschädigungen zulässig. Dies gilt nicht für Auskleidungen, Rohre, Trennwände usw., welche Teile der Hauptisolierung des Schalters sind.

Eine leichte Verformung von nichtmetallischen Poltrennwänden und Kesselauskleidungen kann bei Ölschaltern zugelassen werden, wenn eine solche Verformung das normale Öffnen und Schließen des Leistungsschalters nicht behindert.

Aus anderen Gründen als dem Verhalten des geprüften Leistungsschalters kann es notwendig sein, eine größere Anzahl von Kurzschlußprüfschaltfolgen durchzuführen als in dieser Norm verlangt wird. Wird dabei die Auskleidung so beschädigt, daß sie nach Ansicht des Herstellers vor der Beendigung der ganzen Serie von Prüfschaltfolgen ausgewechselt werden muß, sind die vorgenommenen Änderungen und nötigen Erläuterungen in den Prüfbericht aufzunehmen.

Beschädigungen der Hauptisolierung dürfen den Isolationspegel des Leistungsschalters nicht schwächen. Die Hauptisolierung ist die Isolierung, die unter normalen Betriebsbedingungen bei offenem oder geschlossenem Leistungsschalter elektrischen Beanspruchungen ausgesetzt ist.

Beschädigungen von Schirmen an Durchführungen oder Löschkammern machen die Prüfung nicht ungültig, sofern die Schirme im wesentlichen intakt bleiben und ihre Funktion weiter versehen können. Beschädigungen von Isolierstoffoberflächen, über die unter normalen Betriebsbedingungen Kriechströme gegen Erde, zwischen den Polen oder über die offene Schaltstrecke fließen können, machen die Prüfung ungültig.

Für den zulässigen Zustand des Schalteröles können keine Angaben gemacht werden, weil dies vom jeweils geprüften Leistungsschalterttyp abhängt.

6.102.8.4 Zustand nach einer der anderen Prüfserien als der Kurzschluß-Prüfserie

Der Leistungsschalter muß nach den Prüfserien für das Ausschaltvermögen für unbelastete Leitungen und Kabel, für Kondensatoren und für kleine induktive Ströme, festgelegt in den Abschnitten 6.111.8 und 6.112, ohne Instandsetzung Ströme bis zu seinem Nenn-Kurzschluß-einschalt- bzw. -ausschaltstrom einwandfrei schalten können.

Außerdem muß der Schalter seinen Nenn(betriebs)strom führen können. Dabei darf die Erwärmung die in IEC 694 (= DIN VDE 0670 Teil 1000), Abschnitt 4.4.2, Tabelle V, zugelassenen Werte nicht überschreiten.

Es dürfen keine inneren Durchschläge, Überschläge oder Kriechspuren an Isolierteilen feststellbar sein. Eine mäßige Abnutzung der dem Lichtbogen ausgesetzten Teile der Löschkammern ist jedoch zulässig.

Anmerkung: Der Nachweis, daß die obigen Forderungen erfüllt sind, ist nur im Zweifelsfall nötig.

6.102.8.5 Instandsetzung nach einer Kurzschluß-Prüfschaltfolge und anderen Prüfserien

Nach einer Kurzschluß-Prüfschaltfolge oder nach anderen Prüfserien darf ein Schalter instand gesetzt werden, um ihn wieder in den vom Hersteller festgelegten ursprünglichen Zustand zu bringen. Zum Beispiel kann folgendes nötig sein:

- a) Instandsetzung oder Ersatz der Abbrennkontakte und anderer, vom Hersteller zur Auswechslung empfohlener Teile.
- b) Erneuern oder Reinigen und Nachfüllen des Öles oder anderer Löschmittel.
- c) Entfernen von Ablagerungen auf der inneren Isolierung, die von der Zersetzung des Löschmittels herühren.

6.102.9 Leistungsschalter mit kurzer Lichtbogenzeit

Bei Ausschaltprüfungen von Leistungsschaltern mit kurzer Lichtbogenzeit können sich abhängig vom Zeitpunkt der Kontakttrennung zur Phasenlage des Ausschaltstromes, selbst bei gleicher Einstellung des Stromkreises, große Unterschiede der Beanspruchung bei der Prüfung ergeben. Deshalb gilt für Leistungsschalter mit einer Lichtbogenzeit (der Hauptschaltstrecke bei Schaltern mit Schaltwiderständen), die im erstlöschenden Pol eine Periode nicht überschreitet, das im folgenden unter A und B beschriebene Prüfverfahren.

Die Prüfungen unter A2 und B2 verlangen, unabhängig von der Nennschaltfolge des Schalters, drei gültige Schaltungen. Nach der entsprechend der Nennschaltfolge vorgesehenen Zahl von Schaltungen darf der Schalter nach Abschnitt 6.102.8.5 instandgesetzt werden.

A) Dreipolige Prüfungen

- 1) Prüfschaltfolgen 1, 2, 3, 4 und 4 b (Abschnitte 6.106.1 bis 6.106.4)

Bei diesen Prüfschaltfolgen ist die Einstellung der Kontakttrennung zwischen jeder Ausschaltung um etwa 40 elektrische Grad vorzustellen.

- 2) Prüfschaltfolge 5 (Abschnitt 6.106.5)

Da die Beanspruchung bei den Prüfungen dieser Schaltfolge stark vom Zeitpunkt der Kontakttrennung abhängig sein kann, wurde ein Verfahren entwickelt, das eine wirklichkeitsnahe Beanspruchung des Leistungsschalters sicherstellt. Dies soll durch eine Serie von drei gültigen Schaltungen erreicht werden. Damit die geforderte Gleichstromkomponente im Zeitpunkt der Kontakttrennung abwechselnd in allen drei Polen auftritt, wird die Einleitung des Kurzschlusses zwischen den Schaltungen jeweils um 60 elektrische Grad verschoben.

Darüber hinaus muß innerhalb einer Versuchsreihe mindestens einmal derjenige Pol der erstlöschende sein, in dem das geforderte Gleichstromglied auftritt. Die erhöhte Beanspruchung durch das Gleichstromglied ist dann mit der härteren Einschwingspannung des erstlöschenden Poles kombiniert.

Der Versuch ist gültig, wenn der Strom dieses Poles nach Lichtbogen über eine volle große Teilschwingung oder deren größtmöglichem Teil unterbrochen wird.

Da manche Leistungsschalter den Strom nicht nach einer großen Teilschwingung, sondern erst nach der unmittelbar folgenden kleinen Teilschwingung unterbrechen, ist auch ein Versuch gültig, bei dem der Lichtbogen über die kleine Teilschwingung brennt. Unterbricht der Leistungsschalter den Strom in dem Pol mit der geforderten Gleichstromkomponente jedoch nach einer verkürzten großen Teilschwingung

oder nach einer kleinen Teilschwingung, ohne daß der Lichtbogen über die vorausgehende volle Teilschwingung oder deren größtmöglichem Teil brennt, ist der Versuch ungültig.

Für das Prüfverfahren gilt:

Bei der ersten gültigen Schaltung muß die Einleitung des Kurzschlusses und die Einstellung der Kontakttrennung so vorgenommen werden, daß

- a) die geforderte Gleichstromkomponente bei Kontakttrennung in einem Pol erreicht wird und
- b) die Lichtbogenlöschung in diesem Pol, wenn er der erstlöschende ist, nach einer großen Teilschwingung (oder deren größtmöglichem Teil) oder, wenn er einer der letztlöschenden Pole ist, nach einer verlängerten großen Teilschwingung (oder deren größtmöglichem Teil) erfolgt.

Für die zweite Schaltung ist die Einleitung des Kurzschlusses um 60 elektrische Grad vorzustellen.

Wenn bei der ersten Schaltung die Stromunterbrechung nach einer großen Teilschwingung des erstlöschenden Poles eintritt, so ist die Steuerung der Kontakttrennung um etwa 130 elektrische Grad gegenüber der ersten gültigen Schaltung vorzustellen. Anderenfalls – vorausgesetzt, die erste Schaltung ist gültig – muß die Verschiebung etwa 25 elektrische Grad betragen.

Für die dritte Schaltung ist die Einleitung des Kurzschlusses gegenüber der zweiten Schaltung um weitere 60 elektrische Grad vorzustellen.

Erfolgt bei der zweiten Schaltung die Stromunterbrechung nach einer großen Teilschwingung des erstlöschenden Poles, so ist die Einstellung der Kontakttrennung um etwa 130 elektrische Grad gegenüber der zweiten gültigen Schaltung vorzustellen. Anderenfalls – vorausgesetzt, die zweite Schaltung ist gültig – muß die Verschiebung etwa 25 elektrische Grad betragen.

B) Einpolige Prüfungen

- 1) Prüfschaltfolgen 1, 2, 3, 4, 4 b und Abstandskurzschlußprüfungen (Abschnitte 6.106.1 bis 6.106.4 und 6.109.5).

Ausgehend von einem Stromnulldurchgang ist die Kontakttrennung der ersten gültigen Ausschaltung so vorzustellen, daß jedes weitere Vorstellen zu einer Stromunterbrechung in diesem Nulldurchgang führt. Um dies zu erreichen, kann mehr als eine Schaltung notwendig sein.

Für die zweite Ausschaltung ist die Einstellung der Kontakttrennung gegenüber der ersten gültigen Ausschaltung um etwa 60 elektrische Grad vorzustellen.

Wenn bei der zweiten Ausschaltung die Lichtbogenlöschung im ersten Stromnulldurchgang eintritt, so ist die dritte Schaltung mit der Einstellung der Kontakttrennung der ersten Ausschaltung durchzuführen. Erfolgt die Lichtbogenlöschung der zweiten Ausschaltung nicht im ersten Stromnulldurchgang, dann ist bei der dritten Ausschaltung die Einstellung etwa 60 elek-

trische Grad gegenüber der zweiten Ausschaltung vorzustellen.

2) Prüfschaltfolge 5 (Abschnitt 6.110.5)

Bei der ersten gültigen Schaltung ist so vorzugehen, daß die Lichtbogenlöschung am Ende einer großen Teilschwingung eintritt. Die Kontakttrennung muß in oder vor der vorhergehenden kleinen Teilschwingung liegen. Um dies zu erreichen, kann mehr als eine Schaltung notwendig sein.

Ausgehend von dieser Phasenlage der Kontakttrennung muß die zweite Ausschaltung mit einer um 60 elektrische Grad vorgestellten Einstellung der Kontakttrennung durchgeführt werden. Diese zweite Schaltung ist nur gültig, wenn die Lichtbogenlöschung nach der kleinen Teilschwingung eintritt. Wenn die Lichtbogenlöschung nicht nach der kleinen Teilschwingung eintritt, ist die erste Schaltung ungültig.

Ausgehend von der ersten gültigen Schaltung ist die dritte Schaltung mit einer Einstellung der Kontakttrennung durchzuführen, die etwa 60 elektrische Grad verzögert ist.

3) Prüfschaltfolgen unter Asynchronbedingungen (Abschnitt 6.11 0.4)

Bei der Prüfschaltfolge 1 muß bei der zweiten Ausschaltung die Einstellung der Kontakttrennung 60 elektrische Grad gegenüber der ersten Schaltung verzögert werden. Erfolgt die Unterbrechung im selben Stromnulldurchgang wie bei der ersten Schaltung, so ist eine dritte Schaltung durchzuführen, bei der die Einstellung der Kontakttrennung um weitere 60 elektrische Grad verzögert wird.

Bei der Prüfschaltfolge 2 muß sich die Einstellung der Kontakttrennung bei den beiden Ausschaltungen um etwa 60 elektrische Grad unterscheiden.

6.103 Prüfkreise für Kurzschluß-Ein- und -Ausschaltprüfungen

6.103.1 Leistungsfaktor

Der Leistungsfaktor jeder Phase ist nach einem der in Anhang DD beschriebenen Verfahren zu bestimmen.

Als Leistungsfaktor eines mehrphasigen Prüfkreises gilt der Mittelwert der Leistungsfaktoren der drei Phasen.

Während der Prüfungen darf dieser Mittelwert 0,15 nicht überschreiten.

Der Leistungsfaktor jeder Phase darf vom Mittelwert nicht um mehr als 25 % abweichen.

6.103.2 Frequenz

Leistungsschalter sind bei Nennfrequenz mit zulässigen Abweichungen von $\pm 10\%$ zu prüfen.

Zur Erleichterung der Durchführung der Prüfung sind jedoch Abweichungen von dieser Toleranz zulässig. Wenn z.B. Leistungsschalter mit einer Nennfrequenz von 50 Hz bei 60 Hz geprüft werden und umgekehrt, sollten die Ergebnisse sorgfältig beurteilt und dabei alle wichtigen Faktoren wie Schaltertyp und Art der durchgeführten Prüfung berücksichtigt werden.

Anmerkung: In gewissen Fällen können die Kenngrößen eines Leistungsschalters für 60 Hz und für 50 Hz unterschiedlich sein.

6.103.3 Erdung des Prüfkreises

Die Erdverbindungen des Prüfkreises für Kurzschluß-Ein- und -Ausschaltprüfungen müssen mit den folgenden Forderungen übereinstimmen und sind in allen Fällen in dem im Prüfbericht enthaltenen Schaltbild des Prüfkreises anzugeben (siehe Anhang CC, Abschnitt CC 2.4 g).

a) Dreiphasige Prüfungen eines dreipoligen Leistungsschalters mit Polfaktor 1,5:

Der Leistungsschalter muß mit betriebsmäßig geerdetem Gestell an einen Prüfkreis angeschlossen werden, in dem der Sternpunkt der Speisequelle isoliert und der Kurzschlußpunkt geerdet ist (Bild 19 a), oder umgekehrt (Bild 19 b), falls die Prüfung nur auf diese Weise durchgeführt werden kann.

Diese Prüfkreise ergeben einen Polfaktor von 1,5.

Nach Bild 19 a darf der Sternpunkt der Spannungsquelle über einen Widerstand geerdet werden, der so hoch wie möglich, mindestens aber $U/(10 A)$ sein soll, wobei U die Leiter-Leiter-Spannung des Prüfkreises ist.

Wird ein Prüfkreis entsprechend Bild 19 b benutzt, muß man berücksichtigen, daß im Falle eines Erdchlusses an einem Anschluß des Prüfschalters der hierbei auftretende Erdfehlerstrom gefährlich werden kann. Aus diesem Grund ist es zulässig, den Sternpunkt der Speisequelle über eine geeignete Impedanz zu erden.

b) Dreiphasige Prüfungen eines dreipoligen Leistungsschalters mit Polfaktor 1,3:

Der Leistungsschalter muß mit betriebsmäßig geerdetem Gestell an einen Prüfkreis angeschlossen werden, in dem der Sternpunkt der Spannungsquelle mit Erde durch eine geeignete Impedanz verbunden und der Kurzschlußpunkt geerdet ist (Bild 20 a) oder umgekehrt (Bild 20 b), falls die Prüfung nur in dieser Weise durchgeführt werden kann.

Die Impedanz zwischen Sternpunkt und Erde ist so zu wählen, daß der Polfaktor 1,3 beträgt.

c) Einphasige Prüfungen eines Schalterpoles eines dreipoligen Schalters mit Polfaktor 1,5:

– Leistungsschalter, die für universelle Verwendung ohne Rücksicht auf die Art der Erdung des Netz-Sternpunktes bestimmt sind:

Der Prüfkreis und das Schaltergestell sind nach Bild 21 a so anzuschließen, daß die Spannung zwischen den unter Spannung stehenden Teilen und dem Gestell nach der Lichtbogenlöschung die gleiche ist wie für den erstlöschenden Pol eines dreipoligen nach Bild 19 a geprüften Schalters.

Zur Anpassung an die Möglichkeiten der Prüfanlage und mit Einverständnis des Betreibers darf ein Zwischenpunkt auf der Speisequelle des Prüfkreises geerdet werden, wobei die Spannungsverteilung vorzugsweise nach Bild 21 b sein soll.

– Leistungsschalter, die für die Verwendung in einem Netz mit niederohmiger Sternpunktterdung bestimmt sind und Kurzschlüsse ohne Erdberührung schalten müssen:

Der Prüfkreis und das Schaltergestell sind nach Bild 21 b so anzuschließen, daß die Spannungen zwischen unter Spannung stehenden Teilen und dem Gestell nach der Lichtbogenlö-

schung die gleichen sind wie für den erstlöschenden Pol eines dreipoligen, in einem Prüfkreis nach Bild 19 b geprüften Schalters.

Zur Anpassung an die Möglichkeiten der Prüfanlage und mit Einverständnis des Herstellers darf ein Prüfkreis nach Bild 21 a gewählt werden.

- d) Einphasige Prüfungen eines Schalterpoles eines dreipoligen Schalters mit Polfaktor 1,3:

Der Prüfkreis und das Schaltergestell sind nach Bild 22 a so anzuschließen, daß die Spannung zwischen den spannungsführenden Teilen und dem Gestell nach der Lichtbogenlöschung ungefähr die gleiche ist wie für den erstlöschenden Pol eines dreipoligen, in einem Prüfkreis nach Bild 20 a geprüften Schalters.

Zur Anpassung an die Möglichkeiten der Prüfanlage und mit Einverständnis des Betreibers darf ein Zwischenpunkt der Spannungsquelle des Prüfkreises geerdet werden, wobei die Spannungsverteilung vorzugsweise nach Bild 22 b sein soll.

- e) Einphasige Prüfungen eines einpoligen Schalters: Der Prüfkreis und das Schaltergestell sind so anzuschließen, daß die Spannung am Leistungsschalter zwischen den unter Spannung stehenden Teilen und Erde nach der Lichtbogenlöschung den Betriebsbedingungen entspricht. Die verwendete Schaltung ist im Prüfbericht anzugeben.

6.103.4 Anschluß des Prüfkreises an den Schalter

Wenn der Schalter nicht auf beiden Seiten gleich aufgebaut oder speziell für die Speisung von nur einer Seite vorgesehen ist, muß die spannungsführende Seite des Prüfkreises mit der Seite des Schalters verbunden werden, die härtere Bedingungen im Hinblick auf die Spannung gegen Erde ergibt.

Im Zweifelsfalle sind die Prüfschaltfolgen 1 und 2 (Abschnitt 6.106) und in gleicher Weise die Prüfschaltfolgen 4 und 5 mit unterschiedlichem Anschluß durchzuführen. Entfällt die Prüfschaltfolge 5, muß die Prüfschaltfolge 4 mit beiden Anschlußarten durchgeführt werden.

6.104 Prüfdaten für Kurzschlußprüfungen

Wo keine Toleranz angegeben ist, sind die Typprüfungen bei Werten durchzuführen, die nicht weniger hart als die festgelegten sind. Die oberen Grenzen bedürfen der Zustimmung des Herstellers.

6.104.1 Anstehende Spannung vor Kurzschlußeinschaltprüfungen

Bei den Kurzschlußeinschaltprüfungen nach Abschnitt 6.106.4 muß die anstehende Spannung wie folgt sein:

- a) Bei dreiphasigen Prüfungen an einem dreipoligen Schalter darf der Mittelwert der anstehenden Spannungen nicht kleiner als $U/\sqrt{3}$ sein und diesen Wert ohne die Zustimmung des Herstellers nicht um mehr als 10 % übersteigen.
- Die Abweichungen der anstehenden Spannungen jedes Poles vom Mittelwert dürfen 5 % nicht übersteigen.
- b) Bei einphasigen Prüfungen an einem dreipoligen Schalter darf die anstehende Spannung nicht kleiner als $U/\sqrt{3}$ sein und diesen Wert ohne die Zustimmung des Herstellers nicht um mehr als 10 % übersteigen.

Anmerkung: Mit Zustimmung des Herstellers ist es zulässig, zur Erleichterung der Durchführung der Prüfung eine Spannung zu verwenden, die gleich dem Produkt aus Leiter-Erde-Spannung und Polfaktor (1,3 oder 1,5) des Leistungsschalters ist.

Bei Schaltern, die für einpolige Schnellwiedereinschaltung eingerichtet werden können, und bei denen der größte Zeitunterschied in der Kontaktberührung bei einer nachfolgenden dreipoligen Einschaltung eine halbe Periodendauer der Nennfrequenz übersteigt [vergleiche IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 103), Abschnitt 5.101, Anmerkung 2], muß die am Schalterpol anstehende Spannung gleich dem Produkt aus der Leiter-Erde-Spannung und dem Polfaktor (1,3 oder 1,5) des Leistungsschalters sein.

- c) Für einen einpoligen Schalter darf die anstehende Spannung nicht kleiner als die Nennspannung sein und diese ohne Zustimmung des Herstellers nicht um mehr als 10 % übersteigen.

6.104.2 Kurzschlußschalt(stoß)strom

Wenn der Einschaltstrom 100 % des Nenn-Kurzschlußeinschaltstromes nicht in beiden Einschaltungen, für die dieser Wert in Abschnitt 6.106.4 festgelegt ist, erreicht, sind diese Prüfungen trotzdem gültig, wenn der Einschaltstrom bei einer Einschaltung 100 % und bei der anderen 90 % erreicht.

Zeigt ein Leistungsschalter durch ausgeprägtes Vorüberschlagsverhalten, daß der Nenn-Kurzschlußeinschaltstrom bei der ersten CO-Schaltung der Prüfschaltfolge 4 und nach einer angepaßten Verstellung auch bei der zweiten CO-Schaltung nicht zu erreichen ist, so ist vom Prüffeld das folgende Verfahren zugrunde zu legen. Dieses ist nur bei einpoligen Prüfungen anzuwenden, weil bei dreipoligen Prüfungen die folgenden Forderungen nach a) und b) durch die normale Prüfschaltfolge 4 als ausreichend nachgewiesen betrachtet werden.

Da die Vorüberschlagszeit direkt von der anstehenden Spannung abhängig ist, wird wahrscheinlich in der Mehrheit der Fälle die Prüfschaltfolge 4 als 4 a) und 4 b) durchgeführt werden, um eine Überbeanspruchung des Leistungsschalters zu vermeiden. In solchen Fällen muß die Prüfschaltfolge 4 a) nach Abschnitt 6.106.4.1 als Schaltfolge O-t-CO-t'-CO mit unbeeinflussten Werten des Nenn-Kurzschlußeinschaltstromes bei Leiter-Erde-Spannung und mit Ausschaltströmen möglichst in der Höhe des Nenn-Kurzschlußeinschaltstromes durchgeführt werden.

Bei einem Vorüberschlag des Leistungsschalters sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- a) Wenn die geforderten Kurzschlußeinschaltströme bei den zwei CO-Schaltungen wegen eines Vorüberschlages nicht erreicht werden können, ist nachzuweisen, daß die erreichten Einschaltströme den Anforderungen entsprechen, die der Leistungsschalter zu erfüllen hat.
- b) Wenn der Leistungsschalter ausgeprägtes Vorüberschlagsverhalten zeigt, ist eine besondere CO-Schaltung durchzuführen. Mit ihr ist nachzuweisen, daß der Leistungsschalter den Beanspruchungen standhält, die sich bei einem Vorüberschlag im Spannungsmaximum ergeben, der zur Einleitung eines symmetrischen Stromes führt.

In beiden oben angegebenen Fällen werden zusätzliche Prüfungen erforderlich. Da es außerordentlich schwierig

ist, zwischen den beiden Fällen zu unterscheiden, ist für beide das gleiche Prüfverfahren vorzusehen.

Dies soll zeigen, daß:

- c) der maximal mögliche Kurzschlußeinschaltstrom erreicht wurde,
- d) der Leistungsschalter einen symmetrischen Strom ein- und ausschalten kann, der als Folge eines Vorüberschlages beim Scheitelwert der anstehenden Spannung auftritt.

Bedingung c) ist am ehesten zu erfüllen, wenn die Einschaltung mit einem instand gesetzten Leistungsschalter durchgeführt wird. Bedingung d) kann nur nach einer oder mehreren Ausschaltungen erfüllt werden. Wenn sich daher während der Prüfschaltfolgen 4 oder 4 a) der Fall a) oder b) einstellt, muß die Prüfschaltfolge abgesetzt werden und der Leistungsschalter wieder instandgesetzt werden. Danach ist folgende zusätzliche Schaltfolge durchzuführen: CO-t'-CO, wobei die erste Einschaltung Bedingung c) und die zweite CO-Schaltung Bedingung d) nachweisen muß. Auf die zweite CO-Schaltung kann verzichtet werden, wenn die Bedingungen nach d) bereits bei der normalen Prüfschaltfolge 4 oder 4 a) erfüllt wurden.

Die Versuche müssen mit Leiter-Erde-Spannung durchgeführt werden. Der unbeeinflusste Einschaltstrom muß mindestens den Nenn-Kurzschlußeinschaltstrom, der Ausschaltstrom möglichst den Nenn-Kurzschlußausschaltstrom erreichen.

6.104.3 Kurzschlußausschaltstrom

Der vom Leistungsschalter unterbrochene Kurzschlußausschaltstrom ist im Zeitpunkt der Kontakttrennung nach IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102), Bild 8, zu messen und durch die beiden untenstehenden Werte anzugeben:

- a) Mittel der Effektivwerte der Wechselstromkomponenten der drei Leiter;
- b) größte bezogene Gleichstromkomponente der drei Leiter.

Der Effektivwert der Wechselstromkomponente des Ausschaltstromes darf in keinem Leiter mehr als 10 % vom Mittelwert abweichen.

Obwohl der Ausschaltstrom im Zeitpunkt der Kontakttrennung gemessen wird, ist das Verhalten des Schalters unter anderem durch den Strom bestimmt, der schließlich nach der letzten Teilschwingung des Lichtbogenstromes unterbrochen wird. Die Abnahme der Wechselstromkomponente des Kurzschlußstromes ist deshalb sehr wichtig, besonders bei der Prüfung von Schaltern mit Lichtbogenzeiten von mehreren Halbperioden. Um die Prüfung nicht zu erleichtern, soll die Wechselstromkomponente des unbeeinflussten Kurzschlußstromes zum Zeitpunkt der endgültigen Löschung des Hauptlichtbogens im letztlöschenden Pol nicht kleiner sein als 90 % des der jeweiligen Prüfschaltfolge zugehörenden Wertes.

Wenn der Leistungsschalter den Kurzschlußstrom auf einen Wert verringert, der unter dem unbeeinflussten Ausschaltstrom liegt, oder wenn es das Oszillogramm nicht zuläßt, die Hüllkurve der Stromschwingungen zuverlässig zu zeichnen, gilt der Mittelwert des unbeeinflussten Ausschaltstromes der drei Pole als Ausschaltstrom. Er ist im Oszillogramm des unbeeinflussten Stromes in dem Zeitpunkt auszuwerten, der der Kontakttrennung entspricht.

Der Zeitpunkt der Kontakttrennung kann nach den Erfahrungen des Prüffeldes und unter Berücksichtigung des

Typs des zu prüfenden Leistungsschalters nach verschiedenen Methoden ermittelt werden, z. B. durch Aufnehmen der Kontaktbewegung, durch Messen der Lichtbogenspannung oder durch eine stromlose Schaltung.

6.104.4 Gleichstromkomponente des Kurzschlußausschaltstroms

Bei Leistungsschaltern mit Schaltzeiten, die das Steuern der Gleichstromkomponente unmöglich machen (z. B. Schalter mit Primärauslösern, wenn diese, wie in Abschnitt 6.102.2 angegeben, für die Prüfung eingestellt sind), darf die Gleichstromkomponente größer sein als für die Prüfschaltfolge 1 bis 4, Abschnitt 6.106, festgelegt ist.

Die Prüfschaltfolge 5 gilt auch dann als bestanden, wenn die bezogene Gleichstromkomponente bei einer Ausschaltung kleiner als der festgelegte Wert ist. Dabei wird vorausgesetzt, daß der Mittelwert der bezogenen Gleichstromkomponenten aller Ausschaltungen der Prüfschaltfolge größer ist als der festgelegte Wert.

6.104.5 Einschwingspannung bei Klemmenkurzschluß

6.104.5.1 Allgemeines

Die unbeeinflusste Einschwingspannung des Prüfkreises ist mit Verfahren zu ermitteln, die die Einschwingspannung, ohne sie wesentlich zu beeinflussen, erzeugen und messen. Sie ist an den Klemmen, an die der Leistungsschalter angeschlossen wird, zu messen, wobei alle für die Prüfung erforderlichen Meßeinrichtungen, wie Spannungsteiler, angeschlossen sein müssen. Geeignete Methoden sind in Anhang GG (siehe auch Abschnitt 6.104.6) beschrieben.

Bei dreipoligen Leistungsschaltern bezieht sich die Einschwingspannung auf die des erstlöschenden Pols, d.h. der Spannung über einem offenen Pol, wenn die zwei anderen Pole geschlossen sind, entsprechend dem Prüfkreis nach Abschnitt 6.103.3.

Die unbeeinflusste Einschwingspannung eines Prüfkreises ist durch ihre Hüllkurve gemäß Anhang FF sowie durch ihren Anfangsverlauf gekennzeichnet.

Die für die Prüfungen festgelegten Einschwingspannungen werden durch einen Referenzlinienzug, eine Verzögerungslinie und einen Referenzlinienzug der Anfangseinschwingspannung in gleicher Weise wie die Nenn-Einschwingspannung nach IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102), Abschnitt 4.102.2 und Bilder 10, 11 und 12, dargestellt.

Die unbeeinflusste Einschwingspannung des Prüfkreises muß die folgenden beiden Forderungen erfüllen:

- Forderung a) Ihre Hüllkurve darf zu keinem Zeitpunkt unter dem festgelegten Referenzlinienzug liegen.

Anmerkung: Wenn die Hüllkurve den festgelegten Referenzlinienzug übersteigt, ist die Zustimmung des Herstellers erforderlich (siehe Abschnitt 6.104). Dies ist besonders wichtig, wenn die Einschwingspannung durch eine Zwei-Parameter-Hüllkurve dargestellt wird und Vier-Parameter-Referenzlinienzüge festgelegt sind und umgekehrt.

- Forderung b) Ihr Anfangsverlauf muß den Scheitelwert u_i der festgelegten Anfangseinschwingspannung bis zum Zeitpunkt t_i erreichen und darf danach die Verzögerungslinie der festgelegten Einschwingspannung nicht kreuzen.

Diese Forderungen sind in IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102), Bild 12 und den Bildern 23 bis 27 dieses Teils, dargestellt.

6.104.5.2 Prüfschaltfolgen 4 und 5

Die festgelegten Referenzlinienzüge, Verzögerungslinien und die Anfangseinschwingspannung werden durch die Werte in IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102), Tabellen II A, II B, II C, II D und II E und III bestimmt.

Hinsichtlich der Anfangseinschwingspannung ist angenommen, daß eine Prüfung mit einer Einschwingspannung, die eine überlagerte Schwingung im Anfangsverlauf enthält, die durch den Punkt (u_i , t_i) und die horizontale Linie zwischen A und B des Bildes 12 [siehe IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102)] verläuft, zu einer ähnlichen Beanspruchung des Leistungsschalters führt, wie eine Anfangseinschwingspannung, die durch den Punkt (u_i , t_i), die horizontale Linie von (u_i , t_i) nach B und den weiteren Verlauf der festgelegten Einschwingspannung bestimmt ist.

Wegen Begrenzungen der Prüfanlage kann möglicherweise die Forderung b) aus Abschnitt 6.104.5 im Hinblick auf die Zeitverzögerung t_d , wie diese in IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102), Abschnitt 4.102.3, Tabellen II A, II B, II C, II D oder II E, festgelegt ist, nicht erfüllt werden. Falls auch Abstandskurzschlußprüfungen durchzuführen sind, müssen solche Unzulänglichkeiten der Einschwingspannung der Speiseseite auf der Leistungsseite durch einen steileren Spannungsverlauf bis zum ersten Scheitelwert der leitungsseitigen Spannung (siehe Abschnitt 6.109.3, Absatz a) ausgeglichen werden. Die Zeitverzögerung der Speiseseite muß so klein wie möglich sein und darf in keinem Falle die Grenzwerte für die Verzögerungslinie überschreiten, wie sie in den Tabellen XIV A, XIV B, XIV C, XIV D oder XIV E angegeben sind.

Werden auch Abstandskurzschlußprüfungen durchgeführt, kann es zweckmäßig sein, die Anforderungen der Anfangseinschwingspannung und des Abstandskurzschlusses auf der Leistungsseite zu berücksichtigen. Wenn die Anfangseinschwingspannung mit der leitungsseitigen Einschwingspannung, die eine Zeitverzögerung t_{dL} nach IEC 56 (= DIN VDE 0670 Teil 102), Abschnitt 4.105, Tabelle V, hat, zusammengefaßt wird, so kann davon ausgegangen werden, daß die Beanspruchung für

Tabelle XIV A. **Norm-Grenzwerte der Verzögerungslinien der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolgen 4 und 5, falls auch Abstandskurzschlußprüfungen durchgeführt werden. Nennspannungen Serie 1, Polfaktor 1,5**

1	2	3	4
Nennspannung	Verzögerungslinie		
	Anfangspunkt	Endpunkt	
U	t_d	u'	t'
kV	μs	kV	μs
52	20	30	64
72,5	25	41	80

$$t_d = 0,15 t_3$$

den Leistungsschalter durch die Summe dieser Spannungen gleich derjenigen bei einem Abstandskurzschluß ohne Zeitverzögerung ist. Daher gelten die Bedingungen für die Anfangseinschwingspannung der Prüfschaltfolge 4 und 5 als abgedeckt, wenn Abstandskurzschlußprüfungen ohne Zeitverzögerung t_{dL} der leitungsseitigen Einschwingspannung durchgeführt werden (siehe auch Abschnitt 6.109.3, Absatz c).

Tabelle XIV B. **Norm-Grenzwerte der Verzögerungslinien der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolgen 4 und 5, falls auch Abstandskurzschlußprüfungen durchgeführt werden. Nennspannungen Serie 11; Polfaktor 1,5**

In Beratung.

Tabelle XIV C. **Norm-Grenzwerte der Verzögerungslinien der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolgen 4 und 5, falls auch Abstandskurzschlußprüfungen durchgeführt werden. Nennspannungen 100 bis 170 kV, Polfaktor 1,3**

1	2	3	4
Nennspannung	Verzögerungslinie		
	Anfangspunkt	Endpunkt	
U	t_d	u'	t'
kV	μs	kV	μs
100	8	53	34
123	10	65	42
145	12	77	50
170	14	90	59

$$t_d = 0,15 t_1$$

Tabelle XIV D. **Norm-Grenzwerte der Verzögerungslinien der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolgen 4 und 5, falls auch Abstandskurzschlußprüfungen durchgeführt werden. Nennspannungen 100 bis 170 kV, Polfaktor 1,5**

1	2	3	4
Nennspannung	Verzögerungslinie		
	Anfangspunkt	Endpunkt	
U	t_d	u'	t'
kV	μs	kV	μs
100	9	61	40
123	11	75	49
145	13	89	58
170	16	104	68

$$t_d = 0,15 t_1$$

Tabelle XIV E. **Norm-Grenzwerte der Verzögerungslinien der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolgen 4 und 5, falls auch Abstandskurzschlußprüfungen durchgeführt werden. Nennspannungen von 245 kV und darüber; Polfaktor 1,3**

1	2	3	4
Nennspannung U	Verzögerungslinie		
	Anfangspunkt t_d	Endpunkt u' t'	
kV	μs	kV	μs
245	20	130	85
300	24	159	103
362	29	192	125
420	33	223	145
525	42	279	181
765	61	406	264

$$t_d = 0,15 t_1$$

6.104.5.3 Prüfschaltfolge 3

Für Nennspannungen bis einschließlich 72,5 kV werden Zwei-Parameter-Referenzlinienzüge angewendet. Die festgelegten Normwerte sind in den Tabellen XV A und XV B angegeben.

Für Nennspannungen ab 100 kV werden Vier-Parameter-Referenzlinienzüge angewendet. Die festgelegten Normwerte sind in den Tabellen XV C, XV D und XV E angegeben. Die Werte für t_d und t' sind die unteren Grenzwerte, die bei der Prüfung nicht unterschritten, und die Klammerwerte sind die oberen Grenzwerte, die nicht überschritten werden sollen.

Tabelle XV A. **Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolge 3 Nennspannungen Serie I Darstellung durch zwei Parameter; Polfaktor 1,5**

1	2	3	4	5	6	7
Nennspannung U	Einschwingspannung			Verzögerungslinie		
	Scheitelwert u_c	Zeitpunkt t_3	Steilheit u_c/t_3	Anfangspunkt t_d	Endpunkt u' t'	
kV	kV	μs	kV/ μs	μs	kV	μs
3,6	6,6	17	0,39	3	2,2	9
7,2	13	22	0,60	4	4,4	12
12	22	26	0,85	5	7,3	14
17,5	32	31	1,04	6	11	17
24	44	38	1,16	8	15	20
36	66	46	1,44	9	22	25
52	96	57	1,68	11	32	30
72,5	133	72	1,85	14	44	38

$$u_c = 1,5 \times 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_d = 0,2 t_3; \quad u' = \frac{1}{3} u_c$$

Tabelle XV B. **Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolge 3 Nennspannungen Serie II Darstellung durch zwei Parameter; Polfaktor 1,5**

In Beratung.

Tabelle XV C. Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolge 3
Nennspannungen 100 kV bis 170 kV
Darstellung durch vier Parameter; Polfaktor 1,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nennspannung U	Einschwingspannung					Verzögerungslinie		
	Erste Bezugsspannung u_1	Zeitpunkt t_1	Scheitelwert u_c	Zeitpunkt t_2	Steilheit u_1/t_1	Anfangspunkt t_d	Endpunkt u'	t'
kV	kV	μs	kV	μs	kV/ μs	μs	kV	μs
100	106	35	159	158	3,0	2 (9)	53	20 (27)
123	131	44	196	198	3,0	2 (11)	65	24 (33)
145	154	51	231	230	3,0	2 (13)	77	28 (38)
170	180	60	271	270	3,0	2 (15)	90	32 (45)

$$u_1 = 1,3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 4,5 t_1; \quad u_c = 1,5 u_1; \quad t_d = 2 \mu\text{s} \text{ oder } 0,25 t_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1$$

Tabelle XV D. Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolge 3
Nennspannungen 100 kV bis 170 kV
Darstellung durch vier Parameter; Polfaktor 1,5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nennspannung U	Einschwingspannung					Verzögerungslinie		
	Erste Bezugsspannung u_1	Zeitpunkt t_1	Scheitelwert u_c	Zeitpunkt t_2	Steilheit u_1/t_1	Anfangspunkt t_d	Endpunkt u'	t'
kV	kV	μs	kV	μs	kV/ μs	μs	kV	μs
100	122	41	184	185	3,0	2 (10)	61	22 (31)
123	150	50	226	225	3,0	2 (13)	75	27 (38)
145	178	59	266	266	3,0	2 (15)	89	32 (44)
170	208	69	312	311	3,0	2 (17)	104	37 (52)

$$u_1 = 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 4,5 t_1; \quad u_c = 1,5 u_1; \quad t_d = 2 \mu\text{s} \text{ oder } 0,25 t_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1$$

Tabelle XV E. Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolge 3
Nennspannungen ab 245 kV
Darstellung durch vier Parameter; Polfaktor 1,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nennspannung U	Einschwingspannung					Verzögerungslinie		
	Erste Bezugsspannung u_1	Zeitpunkt t_1	Scheitelwert u_c	Zeitpunkt t_2	Steilheit u_1/t_1	Anfangspunkt t_d	Endpunkt u'	t'
kV	kV	μs	kV	μs	kV/ μs	μs	kV	μs
245	260	87	390	392	3,0	2 (22)	130	45 (65)
300	318	106	478	477	3,0	2 (27)	159	55 (80)
362	384	128	576	576	3,0	2 (32)	192	66 (96)
420	446	149	669	671	3,0	2 (37)	223	76 (111)
525	557	186	836	837	3,0	2 (46)	279	95 (139)
765	812	271	1218	1220	3,0	2 (68)	406	137 (203)

$$u = 1,3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 4,5 t_1; \quad u_c = 1,5 u_1; \quad t_d = 2 \mu\text{s} \text{ oder } 0,25 t_1; \quad u' = \frac{1}{2} u_1$$

6.104.5.4 Prüfschaltfolge 2

Für Nennspannungen bis einschließlich 72,5 kV werden Zwei-Parameter-Referenzlinienzüge angewendet. Die festgelegten Normwerte sind in den Tabellen XVI A und XVI B angegeben.

Für Nennspannungen ab 100 kV werden Vier-Parameter-Referenzlinienzüge angewendet. Die festgelegten Normwerte sind in Tabelle XVI C angegeben. Die Werte für t_d und t' sind die unteren Grenzwerte, die bei der Prüfung nicht unterschritten, und die Klammerwerte sind die oberen Grenzwerte, die nicht überschritten werden sollen.

Anmerkung: Im Hinblick darauf, daß der Beitrag von Transformatoren zum Kurzschlußstrom bei kleinen Kurz-

schlußströmen relativ größer ist und daß selbst in niederohmig geerdeten 100-kV- bis 170-kV-Netzen eine vergleichsweise große Anzahl von Transformatoren mit isoliertem Sternpunkt betrieben wird, berücksichtigen die festgelegten Einschwingspannungswerte für die Prüfschaltfolgen 2 und 1 für Nennspannungen von 100 kV bis 245 kV den Polfaktor 1,5. Dasselbe gilt für Prüfschaltfolge 1 für Nennspannungen ab 300 kV.

Anmerkung: In Prüffeldern kann es schwierig sein, die kleinen Werte von t_3 zu erreichen. Die kürzeste erreichbare Zeit sollte angewendet und ihr Wert im Prüfbericht angegeben werden.

Tabelle XVI A. **Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolge 2**
Nennspannungen Serie I
Darstellung durch zwei Parameter; Polfaktor 1,5

1	2	3	4	5	6	7
Nennspannung U	Einschwingspannung			Verzögerungslinie		
	Scheitelwert u_c	Zeitpunkt t_3	Steilheit u_c/t_3	Anfangspunkt t_d	Endpunkt u'	t'
kV	kV	μs	kV/ μs	μs	kV	μs
3,6	6,6	9	0,77	2	2,2	5
7,2	13	11	1,20	2	4,4	6
12	22	13	1,70	3	7,3	7
17,5	32	15	2,14	3	11	8
24	44	19	2,32	4	15	10
36	66	23	2,88	5	22	12
52	96	28	3,41	6	32	15
72,5	133	36	3,70	7	44	19

$$u_c = 1,5 \times 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_d = 0,2 t_3; \quad u' = \frac{1}{3} u_c$$

Tabelle XVI B. **Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolge 2**
Nennspannungen Serie II
Darstellung durch zwei Parameter; Polfaktor 1,5

In Beratung.

Tabelle XVI C. Normwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung für die Prüfschaltfolge 2
 Nennspannungen ab 100 kV
 Darstellung durch vier Parameter;
 Polfaktor 1,5 für Nennspannung 100 kV bis 245 kV
 Polfaktor 1,3 für Nennspannungen ab 300 kV

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nennspannung U	Einschwingspannung					Verzögerungslinie		
	Erste Bezugsspannung u_1	Zeitpunkt t_1	Scheitelwert u_c	Zeitpunkt t_2	Steilheit u_c/t_1	Anfangspunkt t_d	Endpunkt u'	t'
kV	kV	μs	kV	μs	kV/ μs	μs	kV	μs
100	122	24	184	180	5,0	5 (6)	61	17 (18)
123	151	30	226	225	5,0	5 (8)	75	20 (23)
145	178	36	266	270	5,0	5 (9)	89	23 (27)
170	208	42	312	315	5,0	5 (11)	104	26 (31)
245	300	60	450	450	5,0	5 (15)	150	35 (45)
300	318	64	478	480	5,0	5 (16)	159	37 (48)
362	384	77	576	578	5,0	5 (19)	192	43 (58)
420	446	89	669	668	5,0	5 (22)	223	50 (67)
525	557	111	836	833	5,0	5 (28)	279	61 (84)
765	812	162	1218	1215	5,0	5 (41)	406	86 (122)

$$U = 100 \text{ kV bis } 245 \text{ kV: } u_1 = 1,5 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_2 = 7,5 t_1$$

$$U \geq 300 \text{ kV: } u_1 = 1,3 \sqrt{\frac{2}{3}} U; \quad t_d = 5,0 \mu s \text{ oder } 0,25 t_1$$

$$u_c = 1,5 u_1$$

$$u' = \frac{1}{2} u_1$$

6.104.5.5 Prüfschaltfolge 1

Für Nennspannungen unter 100 kV muß der Scheitelwert der Einschwingspannung dem für Prüfschaltfolge 2 in den Tabellen XVI A und XVI B festgelegten Wert entsprechen. Weil es schwierig ist, in Prüffeldern bei kleinen Strömen kleine Werte von t_3 zu erreichen, sind keine Werte festgelegt. Die kürzeste erreichbare Zeit, aber keine kürzere als die in den Tabellen XVI A und XVI B angegebene, sollte angewandt werden.

Für Nennspannungen ab 100 kV wird ein Faktor 0,9 eingeführt, der berücksichtigt, daß nur 90 % (näherungsweise) der Speisespannung am Transformator auftritt,

wobei angenommen wird, daß auf dieser Ebene der gesamte Kurzschlußstrom über den Transformator eingespeist wird.

Für alle Spannungen werden Zwei-Parameter-Referenzlinienzüge angewendet. Die festgelegten Normwerte sind in der Tabelle XVII angegeben. Die Zeit bis zum Scheitelwert ist eine Funktion der Eigenfrequenz des Transformators.

Anmerkung: In Prüffeldern kann es schwierig sein, die kleinen Werte von t_3 zu erreichen. Die kürzeste erreichbare Zeit sollte angewendet und ihr Wert im Prüfbericht angegeben werden.