

DIN EN 60077-4
(VDE 0115-460-4)
DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 45.060.01

Einsprüche bis 2018-08-15

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60077-4
(VDE 0115-460-4):2004-01

Entwurf

Bahnanwendungen –
Elektrische Betriebsmittel auf Fahrzeugen –
Teil 4: Elektrotechnische Bauteile – Regeln für AC Leistungsschalter
(IEC 9/2372/CD:2018); Text Deutsch und Englisch

Railway applications –
 Electric equipment for rolling stock –
 Part 4: Electrotechnical components – Rules for AC circuit-breakers
 (IEC 9/2372/CD:2018); Text in German and English

Applications ferroviaires –
 Equipements électriques pour le matériel roulant –
 Partie 4: Composants électrotechniques – Règles pour disjoncteurs à courant monophasé
 (IEC 9/2372/CD:2018); Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-06-15 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 60 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
3.1 Bauarten	6
3.2 Bauteile.....	7
3.3 Betriebsmerkmale.....	9
3.4 Ein- und Ausschaltkennwerte – siehe Anhang B	9
4 Einteilung	11
5 Kennzeichnende Merkmale	11
5.1 Übersicht der kennzeichnenden Merkmale	11
5.2 Art des Leistungsschalters	12
5.3 Bemessungs- und Grenzwerte für den Hauptstromkreis	12
5.4 Schalzhäufigkeit	15
5.5 Elektrische und pneumatische Steuerkreise	15
5.6 Elektrische und pneumatische Hilfskreise	15
5.7 Überstromauslöser	15
5.8 Wiederkehrende Spannung.....	16
6 Produktinformation	16
6.1 Gerätedokumentation	16
6.2 Kennzeichnung.....	16
7 Übliche Betriebsbedingungen	16
8 Anforderungen an den Bau und an das Betriebsverhalten	16
8.1 Bauanforderungen.....	16
8.2 Anforderungen an das Betriebsverhalten.....	16
9 Prüfungen	18
9.1 Arten von Prüfungen.....	18
9.2 Überprüfungen von Bauanforderungen.....	19
9.3 Typprüfungen zu Überprüfung der Übereinstimmung mit den Anforderungen an das Betriebsverhalten.....	19
9.4 Stückprüfung zur Überprüfung der Erfüllung der Anforderungen an das Betriebsverhalten	26
Anhang A (informativ) Prüfstromkreis zum Nachweis des Ein- und Ausschaltvermögens	27
Anhang B (informativ) Bestimmung der Kurzschluss- und -ausschaltströme und des Anteils der Gleichstromkomponente.....	28
Literaturhinweise.....	29

Bilder

Bild A.1 – Schaltbild für den Prüfstromkreis	27
Bild B.1 – Bestimmung der Kurzschlussein- und -ausschaltströme und des Anteils der Gleichstromkomponente	28

Tabellen

Tabelle 1 – Standardwerte der Einschwingspannung – Darstellung mithilfe von zwei Parametern	14
Tabelle 2 – Betriebsverhalten	17
Tabelle 3 – Liste der Prüffolgen für die Anforderungen an das Betriebsverhalten bei der Typprüfung	20
Tabelle 4 – Toleranzen bei Prüfwerten	21
Tabelle 5 – Standardwerte der unbeeinflussten Einschwingspannung – Darstellung mithilfe von zwei Parametern	23

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 9/2372/CD:2018 „Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 4: Electrotechnical components – Rules for AC circuit-breakers“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 9 „Electrical equipment and systems for railways“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 351.1 „Fahrzeuge“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 60077-4 (VDE 0115-460-4):2004-01** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Standardwerte für die Einschwingspannung und das Prüfverfahren wurden überarbeitet;
- b) das Verfahren der Überprüfung der Erwärmung wurde geändert;
- c) die Dichtigkeitsprüfung als Typprüfung und Messung des Isolationswiderstandes wurden hinzugefügt.

**Bahnanwendungen –
Elektrische Betriebsmittel auf Fahrzeugen –
Teil 4: Elektrotechnische Bauteile – Regeln für AC Leistungsschalter**

Einleitung

Dieses Dokument ist der Teil 4 der IEC 60077-Reihe.

Der Zweck der vorliegenden Produktnorm ist es, zusätzliche oder geänderte Anforderungen für Wechselstromleistungsschalter anzugeben, als Ergänzung zu denen, die in **IEC 60077-2** angegeben sind.

Dieses Dokument bezieht sich auf die allgemeinen Regeln für elektrotechnische Bauteile, die in **IEC 60077-2** angegeben sind; bei den allgemeinen Bedingungen wird jedoch direkt Bezug auf **IEC 60077-1** genommen.

1 Anwendungsbereich

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen von **IEC 60077-2** enthält dieser Teil der IEC 60077 Regeln für AC-Leistungsschalter, deren Hauptkontakte an Wechselstromfahrleitungen angeschlossen sind; die Nennspannung dieser Stromkreise entspricht den Werten von IEC 60850.

Zusammen mit **IEC 60077-2** legt das vorliegende Dokument speziell fest:

- a) die Kennwerte der Leistungsschalter;
- b) die Betriebsbedingungen, denen die Leistungsschalter entsprechen im Hinblick auf:
 - Betätigung und Verhalten im bestimmungsgemäßen Betrieb;
 - Betätigung und Verhalten im Kurzschlussfall;
 - Isolationseigenschaften;
- c) die für den Nachweis der Übereinstimmung der Bauteile mit den Kennwerten vorgesehenen Prüfungen unter Betriebsbedingungen, sowie die Verfahren, die bei diesen Prüfungen anzuwenden sind;
- d) die Informationen, die auf dem Leistungsschalter angebracht oder ihm beigelegt sein müssen.

ANMERKUNG 1 Die in diesem Dokument behandelten Leistungsschalter sind mit Einrichtungen für selbsttätiges Abschalten unter vorgegebenen Bedingungen ausgerüstet, die nicht nur Überstromauslöser, sondern z. B. auch Unterspannung und Stromrichtungsumkehr betreffen. Die vorliegende Norm behandelt nicht die Überprüfung der Betriebsfähigkeit unter diesen vorgegebenen Bedingungen.

ANMERKUNG 2 Das Einbeziehen elektronischer Bauteile oder elektronischer Unterbaugruppen in elektrotechnische Bauteile ist jetzt eine übliche Praxis.

Obwohl dieses Dokument nicht auf elektronische Bauteile anwendbar ist, stellt das Vorhandensein elektronischer Bauteile keinen Grund dafür dar, solche elektrotechnischen Bauteile aus dem Anwendungsbereich auszuschließen.

Elektronische Unterbaugruppen, die Bestandteil des Leistungsschalters sind, erfüllen die entsprechende Norm (IEC 60571).

ANMERKUNG 3 Einige dieser Regeln werden, nach Vereinbarung zwischen Betreiber und Hersteller, für elektrotechnische Bauteile angewendet, die auf Fahrzeugen eingebaut werden, die keine Bahnfahrzeuge sind.

Dieses Dokument gilt nicht für Industrie-Leistungsschalter, die der Norm **IEC 62271-100** entsprechen. Für solche Leistungsschalter wird das vorliegende Dokument lediglich angewendet, um die besonderen Anforderungen an einen bestimmungsgemäßen Betrieb auf Bahnfahrzeugen festzulegen. In diesem Fall benennt ein spezifisches Dokument die zusätzlichen Anforderungen, die der Industrie-Leistungsschalter erfüllt, z. B.:

- sind sie entweder anzupassen (z. B. an die Steuerspannung, Umweltbedingungen usw.);
- oder in einer Weise einzubauen und zu nutzen, dass sie den spezifischen Bahnbedingungen nicht ausgesetzt sind;

- oder sie sind zusätzlichen Prüfungen zu unterwerfen, die nachweisen, dass diese Bauteile den spezifischen Bahnbedingungen bestimmungsgemäß genügen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60060-1:2010, *High voltage test techniques – General definitions and test requirements*

IEC 60077-1:2017, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules*

IEC 60077-2:2017, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 2: Electrotechnical components – General rules*

IEC 61373, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and Vibration test*

IEC 62271-1:2017, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications for alternating current switchgear and controlgear*

IEC 62271-100:2008, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers*

IEC 62271-100:2008/AMD1:2008

IEC 62271-100:2008/AMD2:2017

IEC 62271-102, *High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach **IEC 60077-1:2017, Abschnitt 3** und **IEC 60077-2:2017, Abschnitt 3** und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1 Bauarten

3.1.1

Innenraum-Leistungsschalter

Leistungsschalter, der nur für Einbauräume konstruiert ist, die geschützt sind gegen Wind, Regen, Schnee, übermäßige Schmutzablagerungen, außergewöhnliche Bedingungen, Eis und Raureif

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-11-04, modifiziert – „Schaltanlagen und/oder Schaltgeräte“ wurde durch „Leistungsschalter“ ersetzt. „innerhalb eines Gebäudes oder eines anderen Gehäuses, in dem die Schaltanlage und/oder Schaltgeräte ... geschützt sind“ wurde gelöscht.]

3.1.2

Freiluft-Leistungsschalter

Leistungsschalter, geeignet für die Aufstellung im Freien, d. h. geeignet, Wind, Regen, Schnee, Schmutzablagerungen, Eis und Raureif standzuhalten

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-11-05, modifiziert – „Schaltanlagen und/oder Schaltgeräte“ wurden durch „Leistungsschalter“ ersetzt.]

3.1.3

Öl-Leistungsschalter

Leistungsschalter, dessen Kontakte in Öl geöffnet und geschlossen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Typische Beispiele für Öl-Leistungsschalter sind ölarme Leistungsschalter mit Kessel an Hochspannungspotential oder geerdetem Kessel.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-14-28]

3.1.4

Vakuum-Leistungsschalter

Leistungsschalter, dessen Kontakte innerhalb eines hoch evakuierten Gefäßes geöffnet und geschlossen werden

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-14-29]

3.1.5

Druckluft-Leistungsschalter

Leistungsschalter, dessen Kontakte in einem Luftstrom geöffnet werden

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-14-32, modifiziert – „Druckgas“ wurde gelöscht. „bei dem als Gas Luft verwendet wird“ wurde durch „dessen Kontakte in einem Luftstrom geöffnet werden“ ersetzt.]

3.1.6

Luftleistungsschalter

Leistungsschalter, dessen Kontakte sich in Luft öffnen und schließen

3.1.7

Gas-Leistungsschalter

Leistungsschalter, dessen Kontakte in einem Gas, das nicht Luft ist, geöffnet oder geschlossen werden, wobei das Gas unter atmosphärischem oder einem höheren Druck steht

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Beispiel für einen Gas-Leistungsschalter ist der Schwefel-Hexafluorid-Schalter (SF₆).

3.1.8

Halbleiter-Leistungsschalter

Leistungsschalter, dessen Wirkungsweise auf Halbleiterelementen beruht, die zusammen mit Kontakten in den Hauptstrompfad eingefügt sind

3.2 Bauteile

3.2.1

Auslöser (eines Leistungsschalters)

Gerät, das mechanisch mit einem mechanischen Schaltgerät verbunden ist, welches den Haltemechanismus löst und damit ein Öffnen oder Schließen des Leistungsschalters ermöglicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Leistungsschalter kann mehrere Auslöser haben, die entsprechend ihren festgelegten Bedingungen wirksam werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Auslöser können mechanisch oder elektrisch mit dem Schaltgerät verbunden sein.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-15-17, modifiziert – „Schaltgerät“ wurde durch „Leistungsschalter“ ersetzt und Anmerkungen zum Begriff wurden hinzugefügt.]

3.2.1.1

Überstromauslöser (unverzögert)

Gerät, das ohne beabsichtigte Zeitverzögerung eine Abschaltung auslöst, wenn der Strom einen festgelegten Wert überschreitet

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-16-32, modifiziert – „Auslöser“, „der das Öffnen eines mechanischen Schaltgeräts verzögert oder unverzögert freigibt“ und „wenn der Strom im Auslöser einen vorgegebenen Wert überschreitet“ wurde durch „Gerät“ und „das ohne beabsichtigte Zeitverzögerung eine Abschaltung auslöst“ und „einen festgelegten Wert überschreitet“ ersetzt. ANMERKUNG wurde gelöscht.]

3.2.1.2

Überstromauslöser mit festgelegter Zeitverzögerung

Überstromauslöser, der mit einer festgelegten Zeitverzögerung, welche einstellbar sein kann, aber unabhängig vom Wert des Überstroms, arbeitet

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-16-34]

3.2.1.3

Primärstromauslöser

Überstromauslöser, der direkt vom Strom im Hauptstromkreis des Leistungsschalters erregt wird

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 2000,441-16-36, modifiziert – „des mechanischen Schaltgeräts“ wurde durch „des Leistungsschalters“ ersetzt.]

3.2.1.4

Sekundärstromauslöser

Überstromauslöser, der vom Strom im Hauptstromkreis über ein Stromerfassungsglied erregt wird (Transformator oder Stromwandler)

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000,441-16-37, modifiziert – „eines mechanischen Schaltgeräts“ wurde gelöscht. „gespeist“ und „einen Stromwandler oder einen Nebenwiderstand“ wurden durch „erregt“ und „ein Stromerfassungsglied (Transformator oder Stromwandler)“ ersetzt.]

3.2.2

Antipumpeinrichtung

Einrichtung, die ein Wiedereinschalten nach einem EIN-AUS-Schaltspiel verhindert, solange das Gerät, welches den Einschaltbefehl gibt, in der EIN-Position gehalten wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das AUS-Schaltspiel kann entweder durch einen AUS-Befehl oder durch eine Auslösung verursacht worden sein.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-16-48 – Anmerkung 1 zum Begriff wurde hinzugefügt.]

3.2.3

Gehäuse

Teil, das für den Leistungsschalter eine festgelegte Schutzart gegen äußere Verschmutzung und eine festgelegte Schutzart gegen den Zugang zu spannungsführenden oder bewegten Teilen bietet

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Gehäuse kann auch benachbarte Teile gegen Einflüsse, die vom Leistungsschalter ausgehen, schützen (z. B. Lichtbögen).

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000,441-13-01, modifiziert – „Einbauten“, „Einwirkungen“ und „Annähern oder Berühren...“ wurde durch „Leistungsschalter“, „Verschmutzung“ und „Zugang zu spannungsführenden oder bewegten Teilen“ ersetzt. Anmerkung 1 zum Begriff wurde hinzugefügt.]

3.2.4

integriertes Gehäuse

Gehäuse, das einen festen Bestandteil eines Gerätes bildet

3.3 Betriebsmerkmale

3.3.1

freiauslösender Leistungsschalter

Leistungsschalter, dessen sich bewegende Kontakte in die offene Stellung zurückkehren und darin verharren, wenn das Öffnen (d. h. Auslösen) nach Beginn des Schließens eingeleitet wird, auch dann, wenn der Schließbefehl aufrechterhalten wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Um eine bestimmungsgemäße Abschaltung des Stromes, folgend einem Einschaltkommando, sicherzustellen, kann es notwendig sein, dass die Kontakte kurzzeitig die Geschlossenstellung erreichen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine Freiauslösung kann einen Antipumpschutz notwendig machen.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-16-31, modifiziert – Begriff „mechanisches Schaltgerät“ wurde durch „Leistungsschalter“ ersetzt. „mechanisches Schaltgerät, dessen sich bewegende Kontakte“ wurde durch „Leistungsschalter, dessen sich bewegende Hauptkontakte“ ersetzt. „(d. h. Auslösen“ wurde hinzugefügt. Anmerkung 1 zum Begriff wurde modifiziert. Anmerkung 2 zum Begriff wurde hinzugefügt.]

3.3.2

Stromeinstellwert

Strom im Hauptstromkreis, auf den sich die Ansprechkenwerte der Überstromauslöser beziehen, und auf den der Auslöser eingestellt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Auslöser darf mehr als einen Stromeinstellwert haben.

3.3.3

Auslösen

Öffnen eines Leistungsschalters, eingeleitet durch einen Auslöser

3.4 Ein- und Ausschaltkennwerte – siehe [Anhang B](#)

3.4.1

Ausschalteigenzeit (eines mechanischen Schaltgeräts)

Zeitspanne zwischen dem festgelegten Augenblick des Einleitens der Öffnungsbewegung und dem Augenblick, von dem ab die Lichtbogenkontakte getrennt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Öffnungszeit schließt die Reaktionszeit aller Hilfseinrichtungen ein, die notwendig sind, um den Leistungsschalter auszuschalten und die Bestandteil des Leistungsschalters sind.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-36, modifiziert – „in allen Polen“ wurde gelöscht. Anmerkung 1 zum Begriff wurde ersetzt.]

3.4.2

unbeeinflusster Strom (in einem Stromkreis in Bezug auf ein Schaltgerät oder eine Sicherung)

Strom, der in dem Stromkreis fließen würde, wenn der Leistungsschalter durch Leiter mit vernachlässigbarer Impedanz ersetzt wäre

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Begriff steht üblicherweise im Zusammenhang mit Fehlerbedingungen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der unbeeinflusste Strom besteht aus dem Effektivwert eines Wechselstroms und (falls zutreffend) einer Gleichstromkomponente.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-01, modifiziert – „jeder Pol des Schaltgeräts oder der Sicherung“ wurde durch „der Leistungsschalter“ ersetzt. Anmerkungen zum Begriff wurden hinzugefügt.]

3.4.3

unbeeinflusster Stoßstrom

Scheitelwert des unbeeinflussten Stromes während des Ausgleichsvorganges nach Stromflussbeginn

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-02, modifiziert – ANMERKUNG wurde gelöscht.]

3.4.4

unbeeinflusster symmetrischer Strom (eines Wechselstromkreises)

unbeeinflusster Strom, wenn der Stromflussbeginn so liegt, dass kein Ausgleichsvorgang auftritt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der unbeeinflusste symmetrische Strom wird als Effektivwert ausgedrückt.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-03, modifiziert – Anmerkungen wurden ersetzt.]

3.4.5

maximaler unbeeinflusster Stoßstrom (eines Wechselstromkreises)

unbeeinflusster Stoßstrom, wenn der Stromflussbeginn so liegt, dass der größtmögliche Wert auftritt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der maximale unbeeinflusste Stoßstrom hängt von der Phase ab, in der der Strom zu fließen anfängt.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-04, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde ersetzt.]

3.4.6

Ausschaltstrom (eines Leistungsschalters)

Strom in einem Leistungsschalter zu Beginn des beim Ausschaltvorgang auftretenden Lichtbogens

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-07, modifiziert – „Pol eines Schaltgeräts oder einer Sicherung“ wurde durch „Leistungsschalter“ ersetzt.]

3.4.7

Ausschaltvermögen (eines Leistungsschalters)

unbeeinflusster Strom, den ein Leistungsschalter bei einer festgelegten Spannung unter vorgegebenen Bedingungen ausschalten kann

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-08, modifiziert – „Schaltgerät oder eine Sicherung“ wurde durch „Leistungsschalter“ ersetzt. Anmerkungen wurden gelöscht.]

3.4.8

Einschaltvermögen (eines Leistungsschalters)

unbeeinflusster Strom, den der Leistungsschalter bei einer festgelegten Spannung unter vorgegebenen Bedingungen für Anwendung und Betriebsverhalten einschalten kann

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-09, modifiziert – „Einschaltstrom, den ein Schaltgerät“ wurde durch „Strom, den der Leistungsschalter“ ersetzt. ANMERKUNG wurde ersetzt.]

3.4.9

Kurzschlusseinschaltvermögen

Einschaltvermögen, für das die vorgegebenen Bedingungen einen Kurzschluss einschließen

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-10, modifiziert – „an den Anschlüssen des Schaltgeräts“ wurde gelöscht.]

3.4.10

Kurzschlussausschaltvermögen

Ausschaltvermögen, für das die vorgegebenen Bedingungen einen Kurzschluss einschließen

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-11, modifiziert – „an den Anschlüssen des Schaltgeräts“ wurde gelöscht.]

3.4.11

Kurzzeitstromfestigkeit

Strom, den ein Leistungsschalter in geschlossener Stellung während einer festgelegten kurzen Dauer unter vorgegebenen Bedingungen für Anwendung und Verhalten führen kann

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-17, modifiziert – „ein Stromkreis oder ein Schaltgerät“ wurde durch „ein Leistungsschalter“ ersetzt.]

3.4.12

Stoßstromfestigkeit

Scheitelwert des Stromes, dem ein Leistungsschalter in geschlossener Stellung unter vorgegebenen Bedingungen für Anwendung und Verhalten standhält

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-18, modifiziert – „ein Stromkreis oder ein Schaltgerät“ wurde durch „ein Leistungsschalter“ ersetzt.]

3.4.13

wiederkehrende Spannung

Spannung an den Anschlüssen eines Leistungsschalters nach dem Unterbrechen des Stromes

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Verlauf dieser Spannung dürfen zwei aufeinander folgende Zeitabschnitte unterschieden werden. Im ersten Zeitabschnitt findet ein Einschwingvorgang statt, im zweiten tritt nur die betriebsfrequente wiederkehrende Spannung auf.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-25, modifiziert – „Pol eines Schaltgeräts oder einer Sicherung“ wurde durch „Leistungsschalter“ ersetzt.]

3.4.14

Einschwingspannung

wiederkehrende Spannung in dem Zeitabschnitt, in dem sie einen ausgeprägten Einschwingcharakter aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einschwingspannung darf unabhängig von den Kennwerten des Stromkreises, des Schaltgerätes oder der Sicherung einen periodischen, aperiodischen oder kombinierten Verlauf aufweisen.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-26 modifiziert – Der zweite Satz von Anmerkung 1 und Anmerkung 2 wurden gelöscht.]

3.4.15

unbeeinflusste Einschwingspannung (eines Stromkreises)

Einschwingspannung nach der Ausschaltung eines unbeeinflussten symmetrischen Stroms durch ein ideales Schaltgerät

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Definition setzt voraus, dass das Schaltgerät oder die Sicherung, für welche die unbeeinflusste Einschwingspannung gesucht wird, durch ein ideales Schaltgerät ersetzt wird, das seine Impedanz genau im Augenblick des Stromnulldurchgangs (d. h. im „natürlichen“ Stromnulldurchgang) von null auf unendlich ändert. Bei Stromkreisen mit mehreren Strompfaden, zum Beispiel bei mehrphasigen Stromkreisen, wird weiter angenommen, dass der Strom durch den idealen Schalter nur in dem betrachteten Pol ausgeschaltet wird.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-29]

3.4.16

betriebsfrequente wiederkehrende Spannung

wiederkehrende Spannung nach Abklingen des Einschaltvorganges

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-27]

4 Einteilung

Der Abschnitt gibt eine Aufstellung von Kennwerten für Leistungsschalter, die der Hersteller bekannt gibt, und die, falls zutreffend, durch Prüfung nachgewiesen werden müssen.

Leistungsschalter werden eingeteilt:

- nach ihrer Schalzhäufigkeit C1, C2 oder C3. Die Kennwerte dieser Schalzhäufigkeit sind in 5.4 angegeben;
- nach der Bauart, d. h. Freiluft- oder Innenraum-Schalter;
- nach dem Schutzgrad, der durch das Gehäuse erreicht wird (siehe IEC 60529).

5 Kennzeichnende Merkmale

5.1 Übersicht der kennzeichnenden Merkmale

Die kennzeichnenden Merkmale eines Leistungsschalters müssen, soweit zutreffend, wie folgt angegeben werden:

- Art des Leistungsschalters (5.2);

- Bemessungs- und Grenzwerte für den Hauptstromkreis (5.3);
- Schalthäufigkeit (5.4);
- elektrische und pneumatische Steuerkreise (5.5);
- elektrische und pneumatische Hilfskreise (5.6);
- Überstromauslöser (5.7);
- Scheitelwert der wiederkehrenden Spannung (5.8).

5.2 Art des Leistungsschalters

Folgendes muss angegeben werden:

- Art des Schaltgerätes (z. B. Druckluft-Leistungsschalter, Luftleistungsschalter, Vakuum-Leistungsschalter, Gas-Leistungsschalter, Öl-Leistungsschalter, Halbleiter-Leistungsschalter usw.);
- Bauart (siehe Abschnitt 4);
- Schutzgrad, der durch das Gehäuse erreicht wird (siehe Abschnitt 4);
- Betriebsmerkmale (z. B. freiauslösender Leistungsschalter, Primär- oder Sekundärstromauslöser, Überstromauslöser mit Zeitverzögerung).

5.3 Bemessungs- und Grenzwerte für den Hauptstromkreis

5.3.1 Allgemeines

Die Bemessungswerte werden vom Hersteller angegeben, wobei es nicht erforderlich ist, alle aufgeführten Bemessungswerte anzugeben.

5.3.2 Bemessungsspannungen

Eine Bauart wird durch die folgenden Bemessungsspannungen festgelegt, die in IEC 60077-1:2017, 5.2 festgelegt sind:

- Bemessungsbetriebsspannung (U_r);
ANMERKUNG 1 Ein Leistungsschalter weist mehr als eine Bemessungsbetriebsspannung oder einen Bereich für die Bemessungsbetriebsspannung auf.
- Bemessungsisolationsspannung (U_{Nm});
ANMERKUNG 2 Wenn dem Leistungsschalter keine Bemessungsisolationsspannung zugeteilt wurde, gilt der höchste Wert der Bemessungsbetriebsspannung als Bemessungsisolationsspannung.
- Bemessungsstoßspannung (U_{Ni});
- betriebsfrequente Prüfwechselspannung (U_a).

5.3.3 Bemessungsströme

Eine Bauart wird durch die folgenden Bemessungsströme festgelegt, die in IEC 60077-1:2017, 5.4 und IEC 60077-2:2017, 5.3.3 festgelegt sind:

- Bemessungsbetriebsstrom (I_r) bei Bemessungsleistungsfaktor $T2$ (siehe 5.3.5);
ANMERKUNG 1 Ein Leistungsschalter kann mehr als einen Bemessungsbetriebsstrom aufweisen oder einen Bereich für den Bemessungsbetriebsstrom.
- konventioneller thermischer Strom in freier Luft (I_{th});
- konventioneller thermischer Strom in freier Luft für Gleichstrom (I_{th_DC});
ANMERKUNG 2 Für elektrische mit Gleichstrom und Wechselstrom betriebene Zweisystem-Bahnfahrzeuge angewendete Wechselstromleistungsschalter können bei Gleichstrom einen anderen thermischen Strom haben. Bei Gleichstromsystemen ist nur die Leistungserbringung relevant.

- konventioneller thermischer Strom in einem Gehäuse (I_{th});
- Bemessungs-Kurzzeitstromfestigkeit (I_{cw});
- Bemessungs-Stoßstromfestigkeit (I_p).

ANMERKUNG 3 Wenn ein Leistungsschalter dazu benutzt wird, einen Transformator oder eine Drossel oder einen Filterkreis zu schalten und zu schützen, kann der Einschaltstrom einen hohen und verlängerten Gleichstromanteil haben.

5.3.4 Bemessungsbetriebsfrequenz

Die Bemessungsbetriebsfrequenz eines Leistungsschalters ist die Frequenz, die sich auf die Bemessungsbetriebsspannung bezieht (siehe IEC 60077-1:2017, 5.5).

Ein Leistungsschalter kann mehr als eine Bemessungsfrequenz haben.

5.3.5 Bemessungsleistungsfaktoren

Die Bemessungsleistungsfaktoren werden angewendet, um folgende Werte zu kennzeichnen:

- 0,1 für Kurzschlussbedingungen ($T1$);
- 0,8 für bestimmungsgemäße Betriebsbedingungen ($T2$).

Der Bemessungsleistungsfaktor für den Kurzschlussfall hängt ab von den elektrischen Kennwerten des Unterwerks, den Speiseleitungen bis zum Fahrzeug und der Belastung.

Falls erforderlich dürfen andere Leistungsfaktoren zwischen Hersteller und Betreiber vereinbart werden.

5.3.6 Merkmale unter Kurzschlussbedingungen (siehe auch Anhang B)

5.3.6.1 Bemessungs-Stoßstromfestigkeit (I_p)

Es gilt IEC 62271-1:2017, 5.7.

5.3.6.2 Bemessungs-Kurzschlusseinschaltvermögen

Der Hersteller muss den Bemessungs-Kurzschlusseinschaltstrom des Leistungsschalters entsprechend dem Leistungsfaktor $T1$ angeben.

Das Bemessungs-Kurzschlusseinschaltvermögen ist der Scheitelwert (I_p) des Einschaltstromes bei der entsprechenden Bemessungsbetriebsspannung. Der bevorzugte Wert für diese Prüfung ist das 2,5-Fache des Effektivwertes der Wechselstromkomponente des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstromes. Der Leistungsschalter muss die Prüfung für den Bemessungskurzschluss, die in 9.3.4 festgelegt ist, erfüllen und muss anschließend betriebsfähig sein.

5.3.6.3 Bemessungs-Kurzschlussausschaltvermögen

Der Hersteller muss den Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom des Leistungsschalters entsprechend dem Leistungsfaktor $T1$ angeben.

Dies ist der Höchstwert des Kurzschlussstromes, den der Leistungsschalter unter den in diesem Dokument festgelegten Prüfbedingungen abschalten kann, wobei der Stromkreis eine wiederkehrende Spannung bei Netzfrequenz entsprechend der Bemessungsbetriebsspannung und eine Einschwingspannung, die gleich ist dem in 5.3.6.4 festgelegten Bemessungswert, aufweist.

Der Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom wird durch zwei Werte gekennzeichnet:

- den Effektivwert seiner Wechselstromkomponente, genannt „Bemessungskurzschlussstrom“;

- den Anteil der Gleichstromkomponente in %.

ANMERKUNG Wenn die Gleichstromkomponente nicht die 20 % übersteigt, wird das Bemessungs-Kurzschluss-ausschaltvermögen nur durch den Effektivwert der Wechselstromkomponente gekennzeichnet.

Der Leistungsschalter muss jeden Kurzschlussstrom bis hinauf zu seinem Bemessungs-Kurzschluss-ausschaltstrom ausschalten können, wobei dieser Strom beliebige Wechselstromanteile bis zum Bemessungswert verbunden mit einem beliebigen Anteil der Gleichstromkomponente bis zum festgelegten Wert unter oben angegebenen Bedingungen enthalten darf.

Der Leistungsschalter muss die Prüfung für den Bemessungskurzschluss, die in 9.3.4 festgelegt ist, bestehen und nachfolgend betriebsfähig sein.

Bei Spannungen unterhalb der Bemessungsbetriebsspannung muss der Leistungsschalter seinen Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom ausschalten können.

5.3.6.4 Bemessungs-Einschwingspannung

Die Bemessungs-Einschwingspannung im Kurzschlussfall bezieht sich auf das Bemessungs-Kurzschlussausschaltvermögen entsprechend 5.3.6.3. Dies ist die Bezugsspannung, die den Grenzwert der unbeeinflussten Einschwingspannung darstellt, die der Leistungsschalter im Fall eines Kurzschlusses beschalten können muss.

Standardwerte für die Einschwingspannung sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 gibt auch die Werte des Anstiegs der wiederkehrenden Spannung (RRRV), ermittelt aus u_c/t_3 , die zusammen mit den Einschwingspannung-Scheitelwerten u_c für die Festlegung der Einschwingung angewendet werden dürfen.

Die in Tabelle 1 angegebenen Werte sind voraussichtliche Werte. Sie gelten für an Bahnen befindliche Leistungsschalter in Versorgungssystemen, die aus Transformatoren, Leitungen und Kabeln bestehen.

Wenn ein Leistungsschalter unter verschärften Bedingungen der Einschwingspannung als den in Tabelle 1 angegebenen betrieben werden muss, müssen diese in den Spezifikationen des Käufers angegeben werden.

Tabelle 1 – Standardwerte der Einschwingspannung – Darstellung mithilfe von zwei Parametern

Nennspannung	Höchste Dauer-spannung	Polfaktor des erstlöschenden Poles	Amplituden-faktor	Einschwingspan-nung-Scheitel-wert	Zeit	Zeitver-zögerung	Spannung	Zeit	RRRV
U_n	U_{max1}^a	k_{pp}	k_{af}	u_c	t_3	t_d	u'	t'	u_c/t_3
kV	kV	Je Einheit	Je Einheit	kV	µs	µs	kV	µs	kV/µs
12 Ebenfalls 12,5	N/A ^b	1	1,4	25	73	11	8	35	0,34
15	17,25	1	1,4	34	80	15	11	39	0,42
20	(20,0) ^c	1	1,4	41	82	12,3	4	40	0,50
25	27,5	1	1,4	54	95	14	18	46	0,57
25	30,0	1	1,4	62	103	15,5	21	50	0,60

ANMERKUNG $k_{pp} = 1$ wird für ein Einphasensystem angewendet.

^a Siehe IEC 60850.

^b N/A nicht anwendbar.

^c Bei 20 kV wird U_n für die Berechnung verwendet.

Dabei ist:

$$u_c = \sqrt{2} \times k_{pp} \times k_{af} \times U_{\max 1} \quad (U_n \text{ für 20 kV});$$

$$u_c = u_c / 3;$$

$$t_d = 0,15 \times t_3.$$

5.3.6.5 Bemessungsdauer des Kurzschlusses

Die Bemessungsdauer des Kurzschlusses ist der Zeitraum, in dem der Leistungsschalter im Einschaltzustand einen Strom, der gleich dem Bemessungskurzzeitstrom ist, führen kann.

Der Standardwert für die Bemessungsdauer des Kurzschlusses ist 1 s.

Wenn erforderlich, darf ein geringerer oder höherer Wert als 1 s gewählt werden. Die empfohlenen Werte sind 0,5 s, 2 s und 3 s.

Bei einer Kurzschlussdauer, die größer als die Bemessungsdauer ist, entspricht das Verhältnis zwischen Strom und Zeit, falls nicht anders vom Hersteller angegeben, folgender Gleichung:

$$I^2 \times t = \text{konstant}$$

5.4 Schalthäufigkeit

Die Schalthäufigkeiten als Kennzeichen für die Leistungsfähigkeit sind in [Tabelle 2](#) angegeben.

Die Schalthäufigkeiten C1, C2 und C3 sind wie folgt definiert:

- C1: geringe Schalthäufigkeit (z. B. der Leistungsschalter öffnet nur im Kurzschlussfall);
- C2: mittlere Schalthäufigkeit (z. B. zusätzlich zu C1 öffnet der Leistungsschalter nach Befehlen, die durch Überschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes ausgelöst werden, beispielsweise durch eine Überlast usw.);
- C3: hohe Schalthäufigkeit (z. B. zusätzlich zu C2 öffnet der Leistungsschalter aus anderen Gründen, beispielsweise bei jedem Speiseabschnitt, jeder Trennstelle, an jeder Endhaltestelle usw.).

5.5 Elektrische und pneumatische Steuerkreise

Die Kennwerte der elektrischen und pneumatischen Steuerkreise sind in [IEC 60077-2:2017, 5.6](#) und [5.7](#) angegeben.

5.6 Elektrische und pneumatische Hilfskreise

Die Kennwerte der Hilfskreise sind gegeben durch Anzahl und Art der Hilfskontakte (Schließerkontakt, Öffnerkontakt usw.) von jedem dieser Kreise und durch ihre Bemessungskennwerte. Diese Kennwerte sind in [IEC 60077-2:2017, 5.9](#) und [5.10](#) angegeben.

5.7 Überstromauslöser

Die folgenden kennzeichnenden Merkmale müssen vom Hersteller für jeden Überstromauslöser festgelegt werden:

- Art des Überstromauslösers (z. B. Primär-, Sekundärauslöser, Zeitverzögerung usw.);
Eine Antipumpeinrichtung kann enthalten sein.
- Stromeinstellwert (oder Stromeinstellbereich);
- Kennwerte der Ausschaltzeit als Funktion der Größen, welche die Auslösung beeinflussen.

5.8 Wiederkehrende Spannung

Der Hersteller muss den Scheitelwert der wiederkehrenden Spannung angeben, wenn diese entsprechend den Bedingungen der Ein- und Ausschaltprüfungen der Prüffolgen I und II von [Tabelle 3](#) geprüft wird.

In keinem Fall darf dieser Wert den der Bemessungsstoßspannung des Leistungsschalters übersteigen.

6 Produktinformation

6.1 Gerätedokumentation

Diese Informationen müssen im Katalog oder im Handbuch enthalten sein.

Es gilt [IEC 60077-2:2017, 6.1](#), ergänzt durch Folgendes:

- Bemessungsbetriebsspannung der Steuerstromkreise der eingebauten Auslöser und ihre Bemessungsfrequenz, falls zutreffend;
- Stromeinstellwert oder Stromeinstellbereich von Überstromauslösern (z. B. Primär-, Sekundärauslöser, Überstromauslöser mit festgelegter Zeitverzögerung usw.);
- Ausschaltzeit.

6.2 Kennzeichnung

Daten oder Identifikationsmerkmale müssen nach [IEC 60077-2:2017, 6.2](#) angebracht werden.

7 Übliche Betriebsbedingungen

Diese Bedingungen sind in [IEC 60077-1:2017, Abschnitt 7](#) angegeben.

8 Anforderungen an den Bau und an das Betriebsverhalten

8.1 Bauanforderungen

Diese Anforderungen sind in [IEC 60077-2:2017, 8.1](#) angegeben.

8.2 Anforderungen an das Betriebsverhalten

8.2.1 Betriebsbedingungen

Diese Anforderungen sind in [IEC 60077-2:2017, 8.2.1](#) angegeben.

8.2.2 Grenztemperaturen

Diese Anforderungen sind in [IEC 60077-2:2017, 8.2.2](#) angegeben.

8.2.3 Betrieb nach Stillstand

Diese Anforderungen sind in [IEC 60077-1:2017, 8.2.3](#) angegeben.

8.2.4 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Diese Anforderungen sind in [IEC 60077-1:2017, 8.2.4](#) angegeben.

8.2.5 Akustische Geräuschabstrahlung

Diese Anforderungen sind in IEC 60077-1:2017, 8.2.5 angegeben.

8.2.6 Luftstrecken

Diese Anforderungen sind in IEC 60077-1:2017, 8.2.6 angegeben.

8.2.7 Kriechstrecken

Diese Anforderungen sind in IEC 60077-1:2017, 8.2.7 angegeben.

8.2.8 Schaltüberspannungen

Diese Anforderungen sind in IEC 60077-1:2017, 8.2.8 angegeben.

Zusätzlich muss der Hersteller angeben, welche wiederkehrenden Spannungen bei den Ausschaltprüfungen der Schaltfolgen I und II von Tabelle 3 erzeugt werden.

8.2.9 Betriebsverhalten

Der Leistungsschalter muss in der Lage sein, die Vorgaben von Tabelle 2 (als Funktion der Schalthäufigkeit) mit den Prüfbedingungen von 9.3.3.6 zu erfüllen.

Jeder Betätigungszyklus muss entweder aus einer Schließbetätigung gefolgt von einer Öffnungsbetätigung (stromloser Zyklus) bestehen oder aus einem Einschalten gefolgt von einem Ausschalten (Lastzyklus).

Die Gesamtzahl der Betätigungszyklen muss aus einer Anzahl von Betätigungszyklen ohne Strom, festgelegt in Tabelle 2, Spalte 2, gefolgt von einer Anzahl von Betätigungszyklen mit Last, festgelegt in Tabelle 3, Spalte 3, bestehen.

Die Anzahl der Betätigungszyklen, die nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber gewählt wurde und im Prüfbericht genannt werden muss, ist so gewählt, dass alle Teile des Leistungsschalters annehmbare Erwärmungsgrenzwerte einhalten.

Tabelle 2 – Betriebsverhalten

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3
Schalthäufigkeit	Gesamtzahl der Betätigungszyklen	
	Stromlos	Stromführend
C1	10 000	0
C2	100 000	200
C3	200 000	200
ANMERKUNG Während jedes Betätigungszyklus bleibt der Leistungsschalter für eine ausreichende Zeit, jedoch nicht mehr als 2 s, geschlossen, um sicherzustellen, dass der volle Strom fließt.		

8.2.10 Schwingungs- und Stoßfestigkeit

Der Leistungsschalter muss im Stande sein, Schwingungen und Schocken entsprechend den Prüfbedingungen (siehe 9.3.5.2 und 9.3.5.3) zu überstehen.

8.2.11 Ein- und Ausschaltvermögen unter Kurzschlussbedingungen

Der Leistungsschalter muss die Kurzschlussprüfungen unter folgenden Bedingungen bestehen:

- der Einstellwert des Überstromauslösers steht auf dem Höchstwert des Stromeinstellbereiches;
- Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom bei der Bemessungsbetriebsspannung wie in 5.3.6.3 angegeben;
- die wiederkehrende Spannung ist gleich der Bemessungsbetriebsspannung;
- die Einschwingspannung ist gleich der Bemessungs-Einschwingspannung, wie in 5.3.6.4 angegeben;
- eine Schaltfolge: O – t_1 – CO – t_2 – CO;

O steht für eine Ausschaltung;

CO steht für ein Einschalten gefolgt von einem Ausschalten nach der entsprechenden Ausschaltzeit;

t_1 ist der Zeitraum zwischen dem ersten Ausschalten und dem ersten Wiedereinschalten;

t_2 ist der Zeitraum zwischen dem zweiten Ausschalten und dem zweiten Wiedereinschalten.

Wenn nichts anderes zwischen Hersteller und Betreiber vereinbart wurde, sind die Zeiten t_1 und t_2 jeweils 180 s.

9 Prüfungen

9.1 Arten von Prüfungen

9.1.1 Allgemeines

IEC 60077-1:2017, 9.1.1 gilt mit der Ausnahme, dass Stichprobenprüfungen bei Leistungsschaltern nicht zulässig sind.

Die Prüfungen zum Nachweis der Kennwerte von Leistungsschaltern sind:

- Typprüfungen (siehe 9.1.2);
- Stückprüfungen (siehe 9.1.3);
- Ermittlungsprüfungen (siehe 9.1.4).

9.1.2 Typprüfungen

Die Typprüfungen umfassen folgende Prüfungen:

- Überprüfung der Erfüllung der Bauanforderungen (siehe 9.2.2);
- Überprüfung der Erfüllung der Anforderungen an das Betriebsverhalten (siehe 9.3).

9.1.3 Stückprüfungen

Die Stückprüfungen umfassen folgende Prüfungen:

- Überprüfung der Erfüllung der Bauanforderungen (siehe 9.2.3);
- Überprüfung der Erfüllung der Anforderungen an das Betriebsverhalten (siehe 9.4).

9.1.4 Ermittlungsprüfungen

Bei besonderen Anwendungen werden diese Prüfungen als Ergänzung zu den Typprüfungen durchgeführt. Sie sind Gegenstand eines Programms, das zwischen Hersteller und Betreiber vereinbart wird, und können Folgendes betreffen:

- Einfluss von Oberwellen auf Erwärmung und Ausschaltkennwerte;