

**DIN EN 60077-3
(VDE 0115-460-3)**
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 60077-3
(VDE 0115-460-3):2003-04

Entwurf

**Bahnanwendungen –
Elektrische Betriebsmittel auf Fahrzeugen –
Teil 3: Elektrotechnische Bauteile – Regeln für DC Leistungsschalter
(IEC 9/2371/CD:2018); Text Deutsch und Englisch**

Railway applications –
Electric equipment for rolling stock –
Part 3: Electrotechnical components – Rules for DC circuit-breakers
(IEC 9/2371/CD:2018); Text in German and English

Applications ferroviaires –
Equipements électriques du matériel roulant –
Partie 3: Composants électrotechniques – Règles pour disjoncteurs à courant continu
(IEC 9/2371/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 59 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
3.1 Bauarten	7
3.2 Bauteile.....	8
3.3 Betriebsmerkmale.....	9
3.4 Abschaltkennwerte	10
4 Einteilung.....	11
5 Kennzeichnende Merkmale	12
5.1 Übersicht der kennzeichnenden Merkmale	12
5.2 Art des Leistungsschalters	12
5.3 Bemessungs- und Grenzwerte für den Hauptstromkreis	12
5.3.1 Allgemeines	12
5.3.2 Bemessungsspannungen	12
5.3.3 Bemessungsströme	13
5.3.4 Bemessungszeitkonstanten	13
5.3.5 Bemessungs-Kurzschluss- und -ausschaltvermögen (siehe auch Anhang B)	13
5.4 Schalthäufigkeit	13
5.5 Elektrische und pneumatische Steuerkreise	14
5.6 Elektrische und pneumatische Hilfskreise.....	14
5.7 Überstromauslöser	14
5.8 Schaltüberspannungen (Lichtbogenspannung)	14
6 Produktinformation	14
6.1 Gerätedokumentation	14
6.2 Kennzeichnung	14
7 Übliche Betriebsbedingungen	14
8 Anforderungen an den Bau und an das Betriebsverhalten	15
8.1 Bauanforderungen.....	15
8.2 Anforderungen an das Betriebsverhalten	15
8.2.1 Betriebsbedingungen	15
8.2.2 Grenztemperaturen	15
8.2.3 Betrieb nach Stillstand.....	15
8.2.4 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	15

	Seite
8.2.5 Akustische Geräuschabstrahlung	15
8.2.6 Luftstrecken.....	15
8.2.7 Kriechstrecken	15
8.2.8 Schaltüberspannungen	15
8.2.9 Betriebsverhalten	15
8.2.10 Schwingungs- und Stoßfestigkeit.....	16
8.2.11 Ein- und Ausschaltvermögen unter Kurzschlussbedingungen	16
9 Prüfungen.....	17
9.1 Arten von Prüfungen	17
9.1.1 Allgemeines.....	17
9.1.2 Typprüfungen	17
9.1.3 Stückprüfungen	17
9.1.4 Ermittlungsprüfungen	17
9.2 Überprüfungen zum Nachweis der Erfüllung von Bauanforderungen	17
9.2.1 Allgemeines.....	17
9.2.2 Typprüfungen	17
9.2.3 Stückprüfungen	18
9.3 Typprüfungen zur Überprüfung der Übereinstimmung mit den Anforderungen an das Betriebsverhalten	18
9.3.1 Prüffolgen	18
9.3.2 Allgemeine Prüfbedingungen	19
9.3.3 Prüffolge I: Allgemeine Leistungsmerkmale.....	20
9.3.4 Prüffolge II: Bemessungskurzschluss-Ein- und -Ausschaltvermögen	22
9.3.5 Prüffolge III: Schwingungs- und Stoßfestigkeit	24
9.3.6 Prüffolge IV: Untersuchung auf kritische Ströme	24
9.3.7 Prüffolge V: Klimabedingungen	25
9.3.8 Prüffolge VI: Weitere Prüfungen	25
9.4 Stückprüfung zur Überprüfung der Erfüllung der Anforderungen an das Betriebsverhalten	25
9.4.1 Allgemeines.....	25
9.4.2 Funktionsprüfungen	25
9.4.3 Widerstands- oder Impedanzmessung	25
9.4.4 Kalibrierung der Auslöser.....	25
9.4.5 Luftdichtheit (bei pneumatischen Leistungsschaltern).....	26
9.4.6 Isolationsfestigkeit.....	26
Anhang A (normativ) Prüfstromkreis zum Nachweis des Ein- und Ausschaltvermögens.....	27
Anhang B (informativ) Überprüfung des Kurzschlussein- und -ausschaltvermögens.....	28
Literaturhinweise	31
Bilder	
Bild A.1 – Schaltbild für den Prüfkreis	27

Bild B.1 – Kalibrierung des Prüfstromkreises zur Messung des unbeeinflussten Einschaltstromstoßes	29
Bild B.2 – Oszillogramm einer Ausschaltung, nachdem der Strom seinen Höchstwert überschritten hat.....	29
Bild B.3 – Oszillogramm einer Ausschaltung, bevor der Strom seinen Höchstwert erreicht hat (strombegrenzender Schalter).....	30
Tabellen	
Tabelle 1 – Bemessungszeitkonstanten	13
Tabelle 2 – Betriebsverhalten	16
Tabelle 3 – Liste der Prüffolgen für die Anforderungen an das Betriebsverhalten bei der Typprüfung	19
Tabelle 4 – Toleranzen bei Prüfwerten.....	20

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 9/2371/CD:2018 „Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 3: Electrotechnical components – Rules for DC 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 60077-3 (VDE 0115-460-3):2003-04** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) das Verfahren der Überprüfung der Erwärmung wurde geändert;
- b) die Dichtigkeitsprüfung als Typprüfung und die Messung des Isolationswiderstandes wurden hinzugefügt.

**Bahnanwendungen –
Elektrische Betriebsmittel auf Fahrzeugen –
Teil 3: Elektrotechnische Bauteile – Regeln für DC Leistungsschalter**

Einleitung

IEC 60077 besteht aus den folgenden Teilen unter dem allgemeinen Titel *Bahnanwendungen – Elektrische Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen*:

- Teil 1: *Allgemeine Betriebsbedingungen und allgemeine Regeln*;
- Teil 2: *Elektrotechnische Bauteile – Allgemeine Regeln*;
- Teil 3: *Elektrotechnische Bauteile – Regeln für DC-Leistungsschalter*;
- Teil 4: *Elektrotechnische Bauteile – Regeln für AC-Leistungsschalter*;
- Teil 5: *Elektrotechnische Bauteile – Regeln für Hochspannungssicherungen*.

1 Anwendungsbereich

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen in IEC 60077-2 enthält dieser Teil der IEC 60077 Regeln für Leistungsschalter, deren Hauptkontakte mit einem Leistungs- und/oder Hilfsbetriebsstromkreis für Gleichstrom verbunden sind. Die Nennspannung dieser Stromkreise übersteigt nicht DC 3 000 V nach IEC 60850.

Dieser Teil von IEC 60077, zusammen mit EN 60077-2, legt 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 Überprüfung der Kennwerte der Bauteile 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 Teil von IEC 60077 behandelten Leistungsschalter sind mit Einrichtungen für selbsttätiges Abschalten unter vorgegebenen Bedingungen ausgerüstet, die nicht nur Überstromauslöser, sondern z. B. auch Unterspannung und Stromrichtungsumkehr betreffen. Dieser Teil von IEC 60077 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, müssen die entsprechende Norm erfüllen (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, wie z. B. Grubenlokomotiven, Fahrleitungsomnibusse usw. In diesem Fall können besondere zusätzliche Anforderungen erforderlich sein.

Dieses Dokument gilt nicht für:

- a) Schalterkombinationen für besondere Anwendungszwecke;
- b) industrielle Leistungsschalter, die der IEC 60947-2 entsprechen;

- c) Gleichstrom-Leistungsschalter für ortsfeste Anlagen, die der IEC 61992-2 entsprechen.

Für Leistungsschalter nach b) und c) wird das vorliegende Dokument lediglich angewendet, um die besonderen Anforderungen an einen bestimmungsgemäßen Betrieb auf Bahnfahrzeugen festzulegen. In diesem Fall nennt ein spezifisches Dokument die zusätzlichen Anforderungen, die Industrieschalter oder Leistungsschalter für ortsfeste Anlagen erfüllen, z. B.:

- sie sind 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 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 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 61373, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

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

gepolter Leistungsschalter

Leistungsschalter, dessen Kennwerte für die Stromunterbrechung nur für eine vorgegebene Stromrichtung im Hauptstromkreis angegeben sind

3.1.2

Leistungsschalter für zwei Stromrichtungen

Leistungsschalter, dessen Kennwerte für die Stromunterbrechung für beide Stromrichtungen im Hauptstromkreis gleich sind

3.1.3

Luftleistungsschalter

Leistungsschalter, dessen Kontakte sich in Luft bei Atmosphärendruck öffnen und schließen

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-14-27]

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

Halbleiter-Leistungsschalter

Leistungsschalter, der so gebaut ist, dass das Zu- und Abschalten des Stromes in einem Stromkreis mit Hilfe der gesteuerten Leitfähigkeit eines Halbleiterelementes erfolgt

3.1.6

Hybrid-Leistungsschalter

Leistungsschalter mit mechanischen Kontakten für die Trennung, verbunden mit einem Halbleiterelement für das Schalten

Anmerkung 1 zum Begriff: Halbleiter-Leistungsschalter ohne mechanische Trennstrecken werden auf Bahnfahrzeugen nicht angewendet.

3.2 Bauteile

3.2.1

Auslöser (eines mechanischen Schaltgeräts)

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: Ein Auslöser kann aus mechanischen, elektromechanischen oder elektronischen Elementen bestehen.

[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, 441-16-33, modifiziert – „Auslöser“, „der das Öffnen eines mechanischen Schaltgeräts verzögert oder unverzögert freigibt“ wurde durch „Gerät“ und „das ohne beabsichtigte Zeitverzögerung eine Abschaltung auslöst“ ersetzt. ANMERKUNG wurde gelöscht.]

3.2.1.2

Primärstromauslöser

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

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

3.2.1.3

Sekundärstromauslöser

Überstromauslöser, der vom Strom im Hauptstromkreis über einen Stromwandler oder einen Nebenwiderstand erregt wird

[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 modifiziert – 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 – „einer Baugruppe“ wurde gelöscht. „Einbauten“, „Einwirkungen“ und „Annähern oder Berühren...“ wurde durch „Leistungsschalter“, „Verschmutzung“ und „Zugang zu spannungsführenden oder bewegten Teilen“ ersetzt.

3.2.4

integriertes Gehäuse

Gehäuse, das einen festen Bestandteil eines Gerätes bildet

3.3 Betriebsmerkmale

3.3.1

strombegrenzender Leistungsschalter

Leistungsschalter, dessen Ausschaltzeit so kurz ist, dass der Kurzschlussstrom den sonst möglichen Scheitelwert nicht erreicht

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-14-21]

3.3.2

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 vollständige Abschaltung des Stromes, der gegebenenfalls zu fließen beginnt, zu erzielen, kann es notwendig sein, dass die Kontakte kurzzeitig die Geschlossenstellung erreichen.

[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.]

3.3.3

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.

3.3.4

Stromeinstellbereich (eines Überstromauslösers)

Bereich zwischen dem kleinsten und dem größten Wert, in dem die Stromeinstellung des Überstromauslösers vorgenommen werden kann

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-16-47, modifiziert – „Stromeinstellung des Auslösers“ wurde durch „Stromeinstellung des Überstromauslösers“ ersetzt.]

3.3.5

Auslösen

Öffnen eines Leistungsschalters, eingeleitet durch einen Auslöser

3.4 Abschaltkennwerte

ANMERKUNG Einige der Begriffe, die in diesem Abschnitt definiert sind, werden in den Beispielen von [Anhang B](#) verwendet.

3.4.1

Ausschalteigenzeit (eines mechanischen Schaltgeräts)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Augenblick des Einleitens der Öffnungsbewegung wird vom Hersteller für alle Arten der Abschaltbefehle festgelegt, ausgenommen für Überstrom.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-36 modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde modifiziert.]

3.4.2

Öffnungszeit bei Überstrom

Zeitspanne zwischen dem Augenblick, in dem der Strom im Hauptstromkreis den Stromeinstellwert des Überstromauslösers erreicht und dem Augenblick, von dem ab die Lichtbogenkontakte getrennt sind

3.4.3

unbeeinflusster Strom (in einem Stromkreis in Bezug auf einen Leistungsschalter)

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

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

3.4.4

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.]

3.4.5

unbeeinflusster Ausschaltstrom (für einen Pol eines Schaltgeräts oder einer Sicherung)

unbeeinflusster Strom, ausgewertet zu einem Zeitpunkt, der den Beginn des Ausschaltvorganges darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Beginn des Ausschaltvorganges wird üblicherweise durch den Beginn des Lichtbogens definiert.

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-06, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff wurde ersetzt.]

3.4.6

Durchlassstrom

größter Augenblickswert des Stromes während des Ausschaltvorganges

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-12, modifiziert – „eines Schaltgeräts oder einer Sicherung“ und ANMERKUNG wurden gelöscht.]

3.4.7

wiederkehrende Spannung

Spannung an den Anschlüssen jedes Pols eines Leistungsschalters nach dem Unterbrechen des Stromes

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

3.4.8

Lichtbogenzeit

Zeitspanne zwischen dem Beginn des Lichtbogens zwischen den Lichtbogenkontakten und dem endgültigen Verlöschen des Lichtbogens

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-37, modifiziert – „in einem Pol oder einer Sicherung“ wurde durch „zwischen den Lichtbogenkontakten“ ersetzt. „in diesem Pol bzw. dieser Sicherung“ wurde gelöscht.]

3.4.9

Ausschaltzeit

Zeitspanne zwischen dem Beginn der Öffnungszeit eines Leistungsschalters und dem Ende der Lichtbogenzeit

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-17-39, modifiziert – „mechanischen Schaltgeräts (oder der Schmelzzeit einer Sicherung)“ wurde durch „Leistungsschalters“ ersetzt.]

3.4.10

Joule-Integral

I^2t -Wert

Integral des Stromquadrats eines Leistungsschalters während eines Ausschaltvorganges über der Ausschaltzeit

$$I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2 dt$$

t_0 Beginn der Öffnungszeit

t_1 Ende der Lichtbogenzeit

[QUELLE: IEC 60050-441:1984/AMD1:2000, 441-18-23, modifiziert – „eines Leistungsschalters während eines Ausschaltvorganges“ wurde hinzugefügt. „ein gegebenes Zeitintervall“ wurde durch „der Ausschaltzeit“ ersetzt. Anmerkungen wurden gelöscht, Erläuterungen für t_0 und t_1 wurden hinzugefügt.]

3.4.11

I^2t -Kennlinie

Angabe (üblicherweise dargestellt als eine Kurve) der Werte von I^2t als Funktion des unbeeinflussten Stoßstromes unter festgelegten Bedingungen wie z. B. Stromeinstellwert des Auslösers, Zeitkonstante des Prüfstromkreises usw.

3.4.12

Abschaltzeit-Stromkennlinie

Kurve der Ausschaltzeit als Funktion des unbeeinflussten Stoßstromes unter festgelegten Bedingungen wie z. B. Stromeinstellwert des Auslösers, Zeitkonstante des Prüfstromkreises usw.

3.4.13

Durchlassstromkennlinie

Kurve des Durchlassstromes als Funktion des unbeeinflussten Stoßstromes unter festgelegten Bedingungen wie z. B. Stromeinstellwert des Auslösers, Zeitkonstante des Prüfstromkreises usw.

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 Schaltheufigkeit C1, C2 oder C3. Die Kennwerte dieser Schaltheufigkeit sind in 5.4 angegeben;
- nach der Bauart:

- offene Bauart;
- Bauart mit integriertem Gehäuse;
- 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);
- Schaltüberspannungen (Lichtbogenspannung) (5.8).

5.2 Art des Leistungsschalters

Folgendes muss angegeben werden:

- Art des Schaltgeräts (z. B. Luftleistungsschalter, Vakuum-Leistungsschalter, Hybrid-Leistungsschalter, Leistungsschalter für zwei Stromrichtungen oder gepolter Leistungsschalter);
- Bauart (siehe Abschnitt 4);
- Schutzgrad, der durch das Gehäuse erreicht wird (siehe Abschnitt 4);
- Betriebsmerkmale (z. B. strombegrenzender Leistungsschalter, freiauslösender Leistungsschalter).

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 Bestimmte Arten von Leistungsschaltern haben mehrere Bemessungsbetriebsspannungen oder einen Bereich für die Bemessungsbetriebsspannung.
- 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 Bemessungszeitkonstante T_2 (siehe 5.3.4);
ANMERKUNG Bestimmte Arten von Leistungsschaltern haben mehrere Bemessungsbetriebsströme oder auch einen Bereich für den Bemessungsbetriebsstrom.
- konventioneller thermischer Strom in freier Luft (I_{th});
- konventioneller thermischer Strom in einem Gehäuse (I_{th}).

5.3.4 Bemessungszeitkonstanten

Die Bemessungszeitkonstanten sind abhängig von den elektrischen Kennwerten des Unterwerks, der Strecke und der Belastung.

Die vier Zeitkonstanten von Tabelle 1 müssen vom Hersteller angewendet werden, um das Kurzschlussausschaltvermögen und das Einschaltvermögen nach 5.3.5 zu bestimmen.

Falls erforderlich, dürfen die Werte der Zeitkonstanten in einer Vereinbarung zwischen Hersteller und Betreiber festgelegt werden.

Tabelle 1 – Bemessungszeitkonstanten

Bemessungsbetriebsspannung U_r V		900	1 800	3 600
Zeitkonstante T_1 (mindestens)	ms	0	0	0
Zeitkonstante T_2	ms	15	15	15
Zeitkonstante T_3	ms	50	40	30
Zeitkonstante T_4	ms	150	100	50
ANMERKUNG Eine Zeitkonstante 0 ms bedeutet, dass bei Prüfungen die Belastung aus Widerständen gebildet wird, ohne absichtlich eine Induktivität zuzufügen.				

5.3.5 Bemessungs-Kurzschlussein- und -ausschaltvermögen (siehe auch Anhang B)

Das Bemessungs-Kurzschlussein- und -ausschaltvermögen eines Leistungsschalters sind die Werte des unbeeinflussten Stoßstroms bei der Bemessungsbetriebsspannung für die Bemessungszeitkonstanten und werden vom Hersteller angegeben. Der Leistungsschalter muss die Prüfbedingungen für den Bemessungskurzschluss, die in 9.3.4 angegeben sind, erfüllen und muss anschließend betriebsfähig sein.

5.4 Schalthäufigkeit

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

- C1: geringe Schalthäufigkeit (z. B. der Leistungsschalter öffnet nur, wenn ein Kurzschluss festgestellt wird);
- C2: mittlere Schalthäufigkeit (z. B. wenn zusätzlich zu C1 der Leistungsschalter durch einen externen Befehl öffnet, der bei Überschreitung eines vorgegebenen Grenzwertes gegeben wird, z. B. bei Überspannung oder Überlast usw.);
- C3: hohe Schalthäufigkeit, z. B. zusätzlich zu C2 öffnet der Leistungsschalter bei anderen Ursachen (z. B. bei jeder Trennstelle im Fahrleitungsnetz, Endhaltestelle, Betriebsende usw.).

Die Schalthäufigkeiten als Kennzeichen für die Leistungsfähigkeit sind in Tabelle 2 angegeben.

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- und/oder Sekundärauslöser, mit oder ohne Antipump-einrichtung);
- Stromeinstellwert (oder Stromeinstellbereich) für jede Stromrichtung im Hauptstromkreis;
- Kennwerte der Öffnungszeit als Funktion der Größen, welche die Auslösung beeinflussen (z. B. als Funktion des Stromanstiegswertes).

5.8 Schaltüberspannungen (Lichtbogenspannung)

Der Hersteller muss den Höchstwert der Schaltüberspannungen angeben, die durch den Betrieb des Leistungsschalters verursacht werden, wenn er nach den Bedingungen der Ein- und Ausschaltprüfungen der Prüffolgen I, II und IV von Tabelle 3 geprüft wird.

6 Produktinformation

6.1 Gerätedokumentation

Diese Informationen müssen im den Katalog oder in den Handbüchern des Herstellers enthalten sein.

Es gilt IEC 60077-2:2017, 6.1, ergänzt durch Folgendes:

- Bemessungsbetriebsspannung der Steuerstromkreise von Sekundärauslösern und/oder Unterspannungs- (oder Nullspannungs-) Auslösern und Bemessungsfrequenz, falls zutreffend;
- Stromeinstellwert oder Stromeinstellbereich von Überstromauslösern;
- Kennwert der Öffnungszeit, Strom-Abschaltzeit-Kennwerte;
- Durchlassstromkennlinie;
- I^2t -Kennwerte.

6.2 Kennzeichnung

Daten zur Identifizierung 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

Die 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

IEC 60077-1:2017, 8.2.8 gilt mit den folgenden zusätzlichen Anforderungen:

- das Schalten von DC-Leistungsschaltern, deren Bemessungsisolationsspannung (U_{Nm}) zwischen 660 V und 4 800 V liegt, darf keine Schaltüberspannungen erzeugen, deren Wert höher ist als $3 U_{Nm}$.

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).

Jede Schaltfolge muss aus einer Anzahl von stromlosen Betätigungszyklen bestehen, festgelegt in [Tabelle 2](#), Spalte 3, gefolgt von einer Anzahl von Betätigungszyklen mit Laststrom, festgelegt in [Tabelle 2](#), Spalte 4.

Jede Schaltfolge muss so oft wiederholt werden, wie in [Tabelle 2](#), Spalte 2 vorgeschrieben, damit die Gesamtzahl der Betätigungszyklen von [Tabelle 2](#), Spalten 5 und 6, erreicht wird.

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

Eine abweichende Anzahl von Schaltfolgen darf unter folgenden Bedingungen vereinbart werden:

- das Verhältnis von Betätigungszyklen mit und ohne Laststrom in jedem Zyklus ist das gleiche wie in Tabelle 2;
- die Gesamtzahl der Betätigungszyklen mit und ohne Laststrom ist die gleiche wie in den Spalten 5 und 6 von Tabelle 2.

Tabelle 2 – Betriebsverhalten

Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4	Spalte 5	Spalte 6
Schalthäufigkeit	Anzahl der Schaltfolgen	Anzahl der Betätigungszyklen je Schaltfolge		Gesamtzahl der Betätigungszyklen	
		Stromlos	Stromführend	Stromlos	Stromführend
C1	1	20 000	100	20 000	100
C2	2	50 000	200	100 000	400
C3	4	50 000	200	200 000	800

ANMERKUNG 1 Die Betätigungszyklen mit Laststrom werden am Ende jeder Schaltfolge durchgeführt, folgende Werte werden empfohlen:

- 30 Zyklen/h für einen Bemessungsbetriebsstrom kleiner oder gleich 2 000 A;
- 15 Zyklen/h für einen Bemessungsbetriebsstrom größer als 2 000 A.

ANMERKUNG 2 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, Schwingen 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;
- unbeeinflusste Stoßströme bei Bemessungsbetriebsspannung für die entsprechende Bemessungskurzschlusszeitkonstante;
- die wiederkehrende Spannung ist gleich der Bemessungsbetriebsspannung;
- vier Zeitkonstanten entsprechend den Werten von 5.3.4;
- eine Schaltfolge O – t_1 – CO – t_2 – CO für jede Zeitkonstante;
 - 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 und ist gleich 20 s;
 - t_2 ist der Zeitraum zwischen dem zweiten Ausschalten und dem zweiten Wiedereinschalten und ist gleich 60 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;
- Erwärmung bei vorübergehender Überlast.

9.2 Überprüfungen zum Nachweis der Erfüllung von Bauanforderungen

9.2.1 Allgemeines

Die Übereinstimmung des Leistungsschalters mit den Bauanforderungen, die in den entsprechenden Teilen von IEC 60077-1:2017, 8.1 angegeben sind, muss nachgewiesen werden, bevor die Überprüfung der Erfüllung der Anforderungen an das Betriebsverhalten, angegeben in 9.3 und 9.4, erfolgt. Die Übereinstimmung der Eigenschaften muss durch Sichtprüfungen, Messungen usw. erfolgen, wenn eine Prüfung nicht sinnvoll ist.

9.2.2 Typprüfungen

Die Überprüfung der Übereinstimmung mit den Bauanforderungen bei der Typprüfung umfasst:

- physikalische Eigenschaften: eine Überprüfung muss feststellen, ob der Leistungsschalter mit den Zeichnungen übereinstimmt (z. B. Abmessungen, Werkstoffe, elektrische Gefahren, Schutzerdung usw.);
- Luft- und Kriechstrecken (siehe IEC 60077-1:2017, 9.3.3.2.1 und 9.3.3.2.3);

- Anschlussklemmen und ihre Stromtragfähigkeit (geprüft als Teil der Betriebsanforderungen nach [9.3.3.8](#)).

9.2.3 Stückprüfungen

Die Überprüfung der Übereinstimmung der baulichen Anforderungen bei der Stückprüfung besteht aus einer Sichtprüfung (Übereinstimmung von Fertigung und Montage mit Zeichnungen).

9.3 Typprüfungen zur Überprüfung der Übereinstimmung mit den Anforderungen an das Betriebsverhalten

9.3.1 Prüffolgen

[Tabelle 3](#) zeigt eine Anzahl von Prüffolgen, die Typprüfungen in Gruppen zusammenfasst.

Bei jeder Prüffolge müssen die Prüfungen in der aufgeführten Reihenfolge durchgeführt werden.

Für jede Prüffolge darf ein neuer Prüfling verwendet werden.

Vor der Typprüfung muss an jedem Prüfling eine Stückprüfung (siehe [9.1.3](#)) durchgeführt werden.