

ICS 29.200; 31.080.99

**Sicherheitsanforderungen an leistungselektronische Umrichtersysteme
und Betriebsmittel –
Teil 2: Leistungselektronische Umrichter von 1 000 V a.c. oder 1 500 V d.c.
bis 36 kV a.c. oder 54 kV d.c.
(IEC 62477-2:2018);
Deutsche Fassung EN IEC 62477-2:2018**

Safety requirements for power electronic converter systems and equipment –
Part 2: Power electronic converters from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or
54 kV DC
(IEC 62477-2:2018);
German version EN IEC 62477-2:2018

Exigences de sécurité applicables aux systèmes et matériels électroniques de conversion de puissance –
Partie 2: Convertisseurs électroniques de puissance entre 1 000 V en courant alternatif ou 1 500 V en courant continu et 36 kV en courant alternatif ou 54 kV en courant continu (IEC 62477-2:2018);
Version allemande EN IEC 62477-2:2018

Gesamtumfang 113 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2018-07-26 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2019-06-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62477-2 (VDE 0558-477-2):2016-12.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 331 „Leistungselektronik“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 22 „Power electronic systems and equipment“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieses Dokuments bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu diesem Dokument angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees das Dokument

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Der Titel dieser Normenreihe wurde angepasst. Bei Überarbeitung der Teile dieser Normenreihe werden diese identisch aktualisiert.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1 (1 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60059	IEC 60059	DIN EN 60059 (VDE 0175-2)	VDE 0175-2
EN 60071-1:2006 + A1:2010	IEC 60071-1:2006 + A1:2010	DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1):2010-09	VDE 0111-1
EN 60071-2:1997	IEC 60071-2:1996	DIN EN 60071-2 (VDE 0111-2):1997-09	VDE 0111-2
EN 60146-1-1	IEC 60146-1-1	DIN EN 60146-1-1 (VDE 0558-11)	VDE 0558-11
EN 60204-11	IEC 60204-11	DIN EN 60204-11 (VDE 0113-11)	VDE 0113-11
EN 60243-1:2013	IEC 60243-1:2013	DIN EN 60243-1 (VDE 0303-21):2014-01	VDE 0303-21
–	IEC 60417 DB ^a	–	–
EN 60529:1991 + A1:2000 + A2:2013	IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013	DIN EN 60529 (VDE 0470-1):2014-09	VDE 0470-1
–	IEC 60617 DB ^b	–	–
EN 60721-3 (alle Teile)	IEC 60721-3 (alle Teile)	DIN EN 60721-3 (alle Teile)	–
EN 60730-1	IEC 60730-1	DIN EN 60730-1 (VDE 0631-1)	VDE 0631-1
EN 60990:2016	IEC 60990:2016	DIN EN 60990 (VDE 0106-102):2017-03	VDE 0106-102
EN 61230	IEC 61230	DIN EN 61230 (VDE 0683-100)	VDE 0683-100
EN 61936-1	IEC 61936-1	DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1)	VDE 0101-1
–	IEC 62103:2003 (zurückgezogen)	–	–
EN 62271-102	IEC 62271-102	DIN EN 62271-102 (VDE 0671-102)	VDE 0671-102

Tabelle NA.1 (2 von 2)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 62271-200:2012	IEC 62271-200:2011	DIN EN 62271-200 (VDE 0671-200):2012-08	VDE 0671-200
EN 62271-201:2014	IEC 62271-201:2014	DIN EN 62271-201 (VDE 0671-201):2015-03	VDE 0671-201
EN 62477-1:2012 + A11:2014 + A1:2017	IEC 62477-1:2012 + A1:2016	DIN EN 62477-1 (VDE 0558-477-1):2017-10	VDE 0558-477-1
–	IEC Guide 104	–	–
–	ISO/IEC Guide 51	–	–
<p>^a Die aktuellen Bildzeichen (60417) befinden sich in der IEC-Datenbank <http://www.iec-normen.de/iec-normen-im-datenbank-format.html></p> <p>^b Die aktuellen Schaltzeichen (60617) befinden sich in der IEC-Datenbank <http://www.iec-normen.de/iec-normen-im-datenbank-format.html>.</p>			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60059 (VDE 0175-2), IEC-Normwerte für Bemessungsströme

DIN EN 60071-1 (VDE 0111-1):2010-09, Isolationskoordination – Teil 1: Begriffe, Grundsätze und Anforderungen (IEC 60071-1:2006 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 60071-1:2006 + A1:2010

DIN EN 60071-2 (VDE 0111-2):1997-09, Isolationskoordination – Teil 2: Anwendungsrichtlinie (IEC 60071-2:1996); Deutsche Fassung EN 60071-2:1997

DIN EN 60146-1-1 (VDE 0558-11), Halbleiter-Stromrichter – Allgemeine Anforderungen und netzgeführte Stromrichter – Teil 1-1: Festlegung der Grundanforderungen

DIN EN 60204-11 (VDE 0113-11), Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 11: Anforderungen an Hochspannungsausrüstung für Spannungen über 1 000 V Wechselspannung oder 1 500 V Gleichspannung, aber nicht über 36 kV

DIN EN 60243-1 (VDE 0303-21):2014-01, Elektrische Durchschlagfestigkeit von isolierenden Werkstoffen – Prüfverfahren – Teil 1: Prüfungen bei technischen Frequenzen (IEC 60243-1:2013); Deutsche Fassung EN 60243-1:2013

DIN EN 60529 (VDE 0470-1):2014-09, Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013); Deutsche Fassung EN 60529:1991 + A1:2000 + A2:2013

DIN EN 60721-3 (alle Teile), Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflussgrößen und deren Grenzwerte; Einführung

DIN EN 60730-1 (VDE 0631-1), Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN EN 60990 (VDE 0106-102):2017-03, Verfahren zur Messung von Berührungstrom und Schutzleiterstrom (IEC 60990:2016); Deutsche Fassung EN 60990:2016

DIN EN 61230 (VDE 0683-100), *Arbeiten unter Spannung – Ortsveränderliche Geräte zum Erden oder Erden und Kurzschließen*

DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1), *Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV – Teil 1: Allgemeine Bestimmungen*

DIN EN 62271-102 (VDE 0671-102), *Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 102: Wechselstrom-Trennschalter und -Erdungsschalter*

DIN EN 62271-200 (VDE 0671-200):2012-08, *Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 200: Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV (IEC 62271-200:2011); Deutsche Fassung EN 62271-200:2012*

DIN EN 62271-201 (VDE 0671-201):2015-03, *Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 201: Isolierstoffgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV (IEC 62271-201:2014); Deutsche Fassung EN 62271-201:2014*

DIN EN 62477-1 (VDE 0558-477-1):2017-10, *Sicherheitsanforderungen an Leistungshalbleiter-Umrichter-systeme und -betriebsmittel – Teil 1: Allgemeines (IEC 62477-1:2012 + A1:2016); Deutsche Fassung EN 62477-1:2012 + A11:2014 + A1:2017*

Sicherheitsanforderungen an leistungselektronische Umrichtersysteme
und Betriebsmittel –
Teil 2: Leistungselektronische Umrichter von 1 000 V a.c. oder 1 500 V d.c.
bis 36 kV a.c. oder 54 kV d.c.
(IEC 62477-2:2018)

Safety requirements for power electronic
converter systems and equipment –
Part 2: Power electronic converters from 1 000 V
AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC
(IEC 62477-2:2018)

Exigences de sécurité applicables aux
systèmes et matériels électroniques de
conversion de puissance –
Partie 2: Convertisseurs électroniques de
puissance entre 1 000 V en courant alternatif
ou 1 500 V en courant continu et 36 kV en
courant alternatif ou 54 kV en courant continu
(IEC 62477-2:2018)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2018-07-26 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

© 2018 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren,
sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN IEC 62477-2:2018 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 22/290/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62477-2, erarbeitet vom IEC/TC 22 „Power electronic systems and equipment“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN IEC 62477-2:2018 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2019-04-26
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2021-07-26

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

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62477-2:2018 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60071-1:2006	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60071-1:2006 (nicht modifiziert).
IEC 60071-2:1996	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60071-2:1997 (nicht modifiziert).
IEC 60146-1-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60146-1-1.
IEC 60243-1:2013	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60243-1:2013 (nicht modifiziert).
IEC 60529:1989	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60529:1991 (nicht modifiziert).
IEC 60721-3 (alle Teile)	ANMERKUNG	Harmonisiert in der Reihe EN 60721-3.
IEC 60990:2016	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60990:2016 (nicht modifiziert).
IEC 61936-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61936-1.
IEC 62271-200:2011	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62271-200:2012 (nicht modifiziert).
IEC 62271-201:2014	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62271-201:2014 (nicht modifiziert).

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

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).

ANMERKUNG 1 Ist eine internationale Publikation durch gemeinsame Abänderungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechende EN oder das HD.

ANMERKUNG 2 Aktualisierte Informationen über die in diesem Anhang aufgeführten aktuellen Fassungen der Europäischen Normen sind hier verfügbar: <www.cenelec.eu>.

<u>Publikation</u>	<u>Jahr</u>	<u>Titel</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Jahr</u>
IEC 60204-11	–	Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for equipment for voltages above 1 000 V AC or 1 500 V DC and not exceeding 36 kV	–	–
IEC 60417-DB	–	Graphical symbols for use on equipment	–	–
IEC 60617-DB	–	Graphical symbols for diagrams	–	–
IEC 60730-1	–	Automatic electrical controls – Part 1: General requirements	EN 60730-1	–
IEC 61230	–	Live working – Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting	EN 61230	–
IEC 62271-102	–	High-voltage switchgear and controlgear – Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches	EN IEC 62271-102	–
IEC 62477-1	2012	Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General	EN 62477-1	2012
– + A1	– 2016		+ A11 + A1	2014 2017
IEC Guide 104	–	The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications	–	–
ISO/IEC Guide 51	2014	Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards	–	–

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort.....	2
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	3
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe	12
4 Schutz gegen Gefährdungen	13
4.1 Allgemeines	13
4.2 Fehlerbedingungen und außergewöhnliche Bedingungen.....	13
4.3 Kurzschluss- und Überstromschutz.....	14
4.3.1 Allgemeines	14
4.3.2 Festlegungen für die Eingangskurzschlussfestigkeit und die Ausgangskurzschlussstrombelastbarkeit	15
4.3.3 Kurzschlusskoordination (Back-up-Schutz)	15
4.3.4 Schutz durch mehrere Einrichtungen	15
4.3.5 Kurzzeitstromfestigkeit für Eingangsports, I_{CW}	15
4.4 Schutz gegen elektrischen Schlag	15
4.4.1 Allgemeines	15
4.4.2 Klasse der maßgeblichen Spannung	15
4.4.3 Maßnahmen für den Basisschutz.....	17
4.4.4 Maßnahmen für den Fehlerschutz	18
4.4.5 Erhöhter Schutz.....	19
4.4.6 Schutzmaßnahmen	19
4.4.7 Isolierung	20
4.4.8 RCD-Kompatibilität	25
4.4.9 Kondensatorentladung	25
4.4.101 Berührungsbedingungen für HV-PEC oder -PECS.....	26
4.5 Schutz gegen energetische Gefährdungen.....	27
4.5.1 Benutzerbereich	27
4.5.2 Instandhaltebereich	29
4.6 Schutz gegen Brand und thermische Gefährdungen	30
4.6.1 Stromkreise, die eine Brandgefahr darstellen	30
4.6.2 Bauelemente, die eine Brandgefahr darstellen	30
4.6.3 Brandschutzgehäuse.....	30
4.6.4 Temperaturgrenzwerte	30
4.6.5 Begrenzte Stromquellen.....	31
4.7 Schutz gegen mechanische Gefährdungen	31

4.7.1	Allgemeines.....	31
4.7.2	Besondere Anforderungen an flüssigkeitsgekühlte PECS.....	31
4.8	Betriebsmittel mit mehreren Versorgungsquellen	32
4.9	Schutz gegen Beanspruchung durch die Umwelt.....	32
4.10	Schutz gegen Gefährdung durch Schalldruck	32
4.10.1	Allgemeines.....	32
4.10.2	Schalldruck und Schallpegel.....	32
4.11	Verdrahtung und Verbindungen.....	32
4.11.1	Allgemeines.....	32
4.11.2	Verlegung	32
4.11.3	Farbcodierung	32
4.11.4	Spleiße und Verbindungen	32
4.11.5	Berührbare Verbindungen.....	32
4.11.6	Verbindungen zwischen Teilen des PECS	32
4.11.7	Stromversorgungsanschlüsse.....	32
4.11.8	Anschlussklemmen	33
4.12	Schutzgehäuse.....	33
4.12.1	Allgemeines.....	33
4.12.2	Griffe und manuelle Bedienungselemente.....	33
4.12.3	Metallgussgehäuse	33
4.12.4	Metallblechgehäuse	33
4.12.5	Prüfung der Standfestigkeit von Schutzgehäusen	33
5	Anforderungen an Prüfungen.....	34
5.1	Allgemeines.....	34
5.1.1	Ziele und Einteilung der Prüfungen.....	34
5.1.2	Auswahl der Prüflinge	34
5.1.3	Reihenfolge der Prüfungen	34
5.1.4	Erdungsbedingungen	34
5.1.5	Allgemeine Bedingungen für die Prüfungen	34
5.1.6	Übereinstimmung	34
5.1.7	Übersicht über die Prüfungen	35
5.2	Prüfbestimmungen	35
5.2.1	Sichtprüfungen (Typprüfung, Stückprüfung und Stichprobenprüfung)	35
5.2.2	Mechanische Prüfungen	35
5.2.3	Elektrische Prüfungen	37
5.2.4	Prüfung des unsachgemäßen Betriebs und simulierte Ausfälle	40
5.2.5	Werkstoffprüfungen.....	43
5.2.6	Umweltprüfungen (Typprüfungen)	44
5.2.7	Hydrostatischer Druck (Typprüfung und Stückprüfung).....	44

6	Anforderungen an Informationen und Aufschriften	44
6.1	Allgemeines	44
6.2	Informationen zur Auswahl	44
6.3	Informationen für die Errichtung und Inbetriebnahme	44
6.3.1	Allgemeines	44
6.3.2	Mechanische Überlegungen	45
6.3.3	Umgebung	45
6.3.4	Handhabung und Montage	45
6.3.5	Temperatur des Schutzgehäuses	45
6.3.6	Anschlüsse	45
6.3.7	Schutzanforderungen	45
6.3.8	Inbetriebnahme	46
6.4	Informationen zum Einsatz	46
6.4.1	Allgemeines	46
6.4.2	Einstellung	46
6.4.3	Schilder, Zeichen und Signale	46
6.5	Informationen zur Instandhaltung	47
6.5.1	Allgemeines	47
6.5.2	Kondensatorentladung	47
6.5.3	Anschluss für Wiederanlauf/Nebenschluss	47
6.5.4	Weitere Gefährdungen	47
6.5.5	Betriebsmittel mit mehreren Energiequellen	47
6.5.101	Zugangsbedingungen für Hochspannungs-PEC oder -PECS	47
101	Anforderungen zur Störlichtbogenklassifikation	47
Anhang A (normativ) Ergänzende Informationen für den Schutz gegen elektrischen Schlag		49
A.1	Allgemeines	49
A.2	Schutz durch DVC As	49
A.3	Schutz durch Schutzimpedanz	49
A.4	Schutz durch Spannungsbegrenzung	49
A.5	Bewertung der Arbeitsspannung und Auswahl der Klasse der maßgeblichen Spannung für Berührungsspannung, PELV- und SELV-Stromkreise	49
A.6	Bewertung der Arbeitsspannung von Stromkreisen	49
A.7	Beispiele für die Anwendung der Elemente von Schutzmaßnahmen	49
Anhang B (informativ) Verringerung des Verschmutzungsgrades		51
Anhang C (informativ) Symbole, auf die in IEC 62477-1 verwiesen wird		52
Anhang D (normativ) Bewertung von Luft- und Kriechstrecken		53
Anhang E (informativ) Höhenkorrektur für Luftstrecken		54
Anhang F (normativ) Bestimmung von Luft- und Kriechstrecken für Frequenzen über 30 kHz		55
Anhang G (informativ) Querschnitte von runden Leitern		56

Anhang H (informativ) Richtlinien der RCD-Kompatibilität	57
H.1 Auswahl des RCD-Typs	57
Anhang I (informativ) Beispiele für die Herabsetzung der Überspannungskategorie	58
Anhang J (informativ) Schwellenwerte für Verbrennungen an heißen Oberflächen	59
Anhang K (informativ) Tabelle der elektrochemischen Potentiale	60
Anhang L (informativ) Messgerät zur Messung des Berührungstroms	61
L.1 Messgerät	61
Anhang M (informativ) Prüfsonden für die Bestimmung des Zugangs	62
Anhang N (informativ) Leitfaden bezüglich Kurzschlussstrom	63
Anhang AA (normativ) Störlichtbogenprüfung und Kennzeichnungsanforderungen	64
AA.1 Übersicht	64
AA.2 Normative Verweisungen	64
AA.3 Begriffe	64
AA.4 Bemessungswerte	67
AA.4.1 Allgemeines	67
AA.4.2 Störlichtbogenklassifikation	68
AA.4.2.1 Allgemeines	68
AA.4.2.2 Zugänglichkeitsgrad	68
AA.4.2.3 Klassifizierte Seiten	70
AA.4.2.4 Bemessungs-Störlichtbogenstrom	71
AA.4.2.5 Bemessungs-Lichtbogendauer	71
AA.4.2.6 Schutz	72
AA.4.2.7 Spezielle Bedingungen	72
AA.5 Prüfungen	72
AA.5.1 Allgemeines	72
AA.5.2 Prüfvorbereitung	73
AA.5.2.1 Simulation der Installation für das PEC	73
AA.5.2.2 Indikatoren	74
AA.5.2.3 Anordnung des Betriebsmittels	80
AA.5.3 Prüfbedingungen	80
AA.5.3.1 Allgemeines	80
AA.5.3.2 Prüfbedingungen bei mehreren Leistungsanschlüssen	83
AA.5.3.3 Spannung	85
AA.5.3.4 Strom	86
AA.5.3.5 Frequenz	87
AA.5.3.6 Zündung des Lichtbogens	87
AA.5.3.7 Prüfung von Unterbaugruppen von PECS	88
AA.5.4 Beurteilung	89
AA.5.4.1 Prüfkriterien	89

AA.5.4.2 Prüfbericht	90
AA.5.4.3 Übertragbarkeit von Prüfergebnissen	91
AA.6 Lichtbogen-verhindernde Ausführung	93
AA.6.1 Allgemeines	93
AA.6.2 Anforderungen	93
AA.6.3 Prüfung	94
AA.7 Anforderungen an Informationen und Kennzeichnung.....	95
AA.7.1 Allgemeines	95
AA.7.2 IAC-Kennzeichnungs-Schild.....	96
AA.7.3 Informationen in Handbüchern	97
AA.7.3.1 Allgemeines	97
AA.7.3.2 Störlichtbogenklassifikation	98
AA.7.3.3 Zugänglichkeitsgrad	98
AA.7.3.4 Zugängliche Seiten.....	98
AA.7.3.5 Nicht-zugängliche Seiten.....	98
AA.7.3.6 Erfordernis von zugehörigem Schutz (APR)	98
AA.7.3.7 Spezielle Bedingungen.....	98
AA.7.3.8 Anforderungen an die Installation.....	99
AA.7.3.9 Strombeitrag bei mehreren Leistungsanschlüssen	99
AA.7.3.10 IAC-Konzept.....	99
AA.7.3.11 Anforderungen bei Konzept 1	99
AA.7.3.12 Schutz	99
AA.7.3.13 Intern gespeicherte Energie	99
AA.7.4 Produktkennzeichnung – interner Schutz.....	99
AA.8 Konzepte zur Störlichtbogenklassifikation.....	100
AA.8.1 Allgemeines	100
AA.8.2 Beschreibung des Risikos und Auswahl der Betriebsmittel	101
AA.8.3 Ursachen und vorbeugende Maßnahmen.....	101
AA.8.4 Schutz.....	103
AA.8.5 Betrachtungen zu Auswahl und Aufstellung.....	104
AA.8.6 Anforderungen bei Konzepten 5 und 6.....	104
AA.8.7 Installation von PECS mit allgemein öffentlichem Zugang.....	104
Literaturhinweise.....	106
Bilder	
Bild AA.1 – Einspannrahmen für vertikale Indikatoren	75
Bild AA.2 – Horizontaler Indikator	75
Bild AA.3 – Anordnung der Indikatoren für verschiedene Höhen des Betriebsmittels	78
Bild AA.4 – Beispiel für zwei angrenzende zugängliche Seiten	79
Bild AA.5 – Beispiele für eine zugängliche Seite zu einer nicht zugänglichen Seite.....	79

Bild AA.6 – Allgemeiner Prüfaufbau – Details	81
Bild AA.7 – Allgemeiner Aufbau der Kalibrierung	81
Bild AA.8 – Allgemeiner Aufbau der Prüfung	81
Bild AA.9 – Allgemeiner Aufbau der Nutzerinstallation	82
Bild AA.10 – Antriebsumrichtersystem mit 12-pulsigem Diodengleichrichter, gespeist von einem externen Transformator und einem Motor am Ausgang	83
Bild AA.11 – Antriebsumrichtersystem mit integriertem Transformator und einem Motor am Ausgang	84
Bild AA.12 – Netzkupplung zwischen 50-Hz- und 60-Hz-Netzen	85
Bild AA.13 – Beispiel für die Prüfung von Unterbaugruppen eines PECS	89
Bild AA.14 – Installationsbeispiel für verschiedene Zugänglichkeitsgrade einschließlich 4a oder 4b	105
Tabellen	
Tabelle 5 – Spannungsgrenzwerte für die Klassen der maßgeblichen Spannung	16
Tabelle 6 – Schutzanforderungen für den betrachteten Stromkreis	17
Tabelle 101 – Stehstoßspannung und zeitweilige Überspannung in Abhängigkeit von der Systemspannung von 1 000 V a.c. oder 1 500 V d.c. bis zu 36 kV a.c oder 54 kV d.c.	21
Tabelle 102 – Luftstrecken für Funktions-, Basis- oder zusätzliche Isolierung	23
Tabelle 103 – Kriechstrecken (in Millimeter)	24
Tabelle 104 – Grenzwerte für Stromquellen ohne Überstrom-Schutzeinrichtung	29
Tabelle 105 – Grenzwerte für Stromquellen mit Überstrom-Schutzeinrichtung	29
Tabelle 22 – Prüfübersicht	35
Tabelle 23 – Werte der Zugkraft für die Prüfung der Sicherung von Griffen und handbetätigten Einstellelementen	36
Tabelle 106 – Prüfstoßspannung	37
Tabelle 107 – Prüfwechsel- oder -gleichspannung für Stromkreise, die direkt an das Hochspannungs-Versorgungsnetz angeschlossen sind	38
Tabelle A.4 – Beispiele für den Schutz gegen elektrischen Schlag	50
Tabelle C.1 – Verwendete Symbole	52
Tabelle AA.1 – Definition vor Zugänglichkeitsgraden	69
Tabelle AA.2 – Störlichtbogenstrom eines Leiters gegen Erde in Abhängigkeit der Sternpunktterdung im Netz	71
Tabelle AA.3 – Kenngrößen für Störlichtbogenprüfungen entsprechend der Konstruktion des Abteils	88
Tabelle AA.4 – Anforderungen an Informationen	95
Tabelle AA.5 – Beispiel für Konzepte 2 und 3 (siehe Abschnitt AA.8)	97
Tabelle AA.6 – Beispiel für Konzept 4 (siehe Abschnitt AA.8)	97
Tabelle AA.7 – Beispiel für nicht geprüft oder nicht bestanden für Konzepte 5 und 6 (siehe Abschnitt AA.8)	97
Tabelle AA.8 – Beispiel für Konzept 1 (siehe Abschnitt AA.8)	97
Tabelle AA.9 – Beispiel für Zugänglichkeitsgrad 0+ für Konzepte 5 und 6 (siehe Abschnitt AA.8)	97
Tabelle AA.10 – Konzepte für Sicherheit bei Störlichtbogen	100
Tabelle AA.11 – Fehlerorte, Ursachen und Beispiele für Maßnahmen zur Verringerung der Wahrscheinlichkeit von Störlichtbögen	102

Einleitung

Der vorliegende Teil der IEC 62477 bezieht sich auf Produkte, die leistungselektronische Umrichter mit einer Bemessungssystemspannung von 1 000 V a.c. oder 1 500 V d.c. bis zu 36 kV a.c. oder 54 kV d.c. enthalten. Er enthält Anforderungen, um das Risiko von Feuer, elektrischem Schlag, Hitze, Energie und mechanischen Gefahren zu reduzieren, mit Ausnahme von funktionaler Sicherheit entsprechend IEC 61508 (alle Teile). Ziel des vorliegenden Dokuments ist, eine gemeinsame Terminologie und Basis für Sicherheitsanforderungen für Produkte, die leistungselektronische Umrichter enthalten, über mehrere Technische Komitees der IEC hinweg einzuführen.

Das vorliegende Dokument wurde mit folgender Intention entwickelt:

- zur Verwendung als Referenzdokument für Produktkomitees innerhalb des TC 22 zur Erstellung von Produktnormen für leistungselektronische Umrichtersysteme und Betriebsmittel;
- zum Ersatz der IEC 62103 als Produktfamiliennorm, um Mindestanforderungen für Sicherheitsaspekte von leistungselektronischen Umrichtersystemen und Betriebsmitteln für Geräte, für die keine Produktnorm existiert, zur Verfügung zu stellen;

ANMERKUNG Der Anwendungsbereich der IEC 62103 enthält Zuverlässigkeitsaspekte, die nicht vom vorliegenden Dokument abgedeckt sind.

- zur Verwendung als Referenzdokument für Produktkomitees außerhalb des TC 22 bei der Erstellung von Produktnormen für leistungselektronische Umrichtersysteme und Betriebsmittel für erneuerbare Energiequellen. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wurden insbesondere TC 82, TC 88, TC 105 und TC 114 als relevante Technische Komitees dafür identifiziert.

Technische Komitees, die das vorliegende Dokument benutzen, sollten sorgfältig die Relevanz jedes Abschnitts im vorliegenden Dokument für das betrachtete Produkt abwägen und Anforderungen je nach Relevanz referenzieren, hinzufügen, ersetzen oder ändern. Produktspezifische Themen, die im vorliegenden Dokument nicht abgedeckt sind, befinden sich in Verantwortung der Technischen Komitees, die das vorliegende Dokument als Referenzdokument nutzen.

Das vorliegende Dokument hat keinen Vorrang vor einer produktspezifischen Norm entsprechend IEC Guide 104. IEC Guide 104 gibt Informationen über die Verantwortung von Produktkomitees, Gruppensicherheitsnormen bei der Entwicklung ihrer eigenen Produktnormen zu verwenden.

Die wichtigsten Unterschiede im Vergleich zur **IEC 62477-1:2012** und IEC 62477-2:2012/AMD1:2016 sind:

- Das vorliegende Dokument erweitert den Bereich der Bemessungssystemspannungen bis zu 36 kV Wechselspannung oder 54 kV Gleichspannung;
- das vorliegende Dokument ergänzt Anforderungen an ein Typenschild für Störlichtbogenverhalten mit entsprechenden Prüfvorschriften.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 62477 gilt für leistungselektronische Umrichtersysteme (PECS) und -Betriebsmittel, ihre Komponenten für das elektronische Leistungsumrichten und elektronische Leistungsschalten einschließlich der Vorrichtungen für Regelung, Schutz, Überwachung und Messung, deren Hauptzweck das Umrichten von Strom ist, mit Bemessungssystemspannungen von 1 000 V Wechselspannung 1 500 V Gleichspannung bis zu 36 kV Wechselspannung oder 54 kV Gleichspannung.

Das vorliegende Dokument kann auch als Referenznorm von Produktkomitees verwendet werden, die Produktnormen erstellen für

- drehzahlveränderbare elektrische Antriebssysteme (PDS),
- eigenständige unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (UPS) und
- stabilisierte Gleichstromversorgungen.

Für PECS, für die keine Produktnorm existiert, werden in dem vorliegenden Dokument die Mindestanforderungen für Sicherheitsaspekte angegeben.

Das vorliegende Dokument hat nach IEC Guide 104 den Status einer Sicherheitsgruppennorm für leistungselektronische Umrichtersysteme und Betriebsmittel für Energiequellen wie Sonne, Wind, Gezeiten, Wellen, Brennstoffzellen oder Ähnliches.

Entsprechend IEC Guide 104 besteht eine der Verantwortungen der Technischen Komitees darin, bei der Erarbeitung ihrer Normen möglichst Sicherheitsgrundnormen und/oder Sicherheitsgruppennormen anzuwenden.

Das vorliegende Dokument:

- legt eine einheitliche Terminologie für Sicherheitsaspekte von PECS und Betriebsmittel fest;
- legt Mindestanforderungen an die Koordination von Sicherheitsfragen für die in Wechselbeziehung stehenden Teile innerhalb eines PECS fest;
- schafft eine einheitliche Basis für Mindestsicherheitsanforderungen an den PEC-Anteil von Produkten, die PEC enthalten;
- legt Anforderungen zur Verringerung von Risiken durch Brand, elektrischen Schlag, thermische, energetische und mechanische Gefährdungen während des Gebrauchs und Betriebs fest, die, wenn speziell angegeben, auch für Wartung und Instandhaltung gelten;
- legt Mindestanforderungen zur Verringerung von Risiken hinsichtlich steckbarer und fest angeschlossener Betriebsmittel fest, die aus einem System zusammengeschalteter Einheiten oder unabhängiger Einheiten bestehen und von Installation, Betrieb und Instandhaltung des Betriebsmittels in der vom Hersteller vorgeschriebenen Weise abhängig sind;
- führt Anforderungen an ein Typenschild für Störlichtbogenverhalten und entsprechende Prüfanweisungen für PEC und PECS ein;
- deckt leistungselektronische Umrichter und Systeme in offener Ausführung ab, die katalogmäßige (vordefinierte, kommerziell verfügbare) leistungselektronische Umrichter und Systeme oder von ihnen abgeleitete Lösungen darstellen.

Das vorliegende Dokument behandelt nicht:

- Telekommunikationseinrichtungen, ausgenommen Stromversorgungen für diese Einrichtungen;
- funktionale Sicherheitsaspekte, die beispielsweise in IEC 61508 (alle Teile) behandelt werden;
- elektrische Einrichtungen und Systeme für Bahnanwendungen und Elektrofahrzeuge;
- leistungselektronische Umrichter und Systeme in offener Ausführung, die – zu ihrem größten Teil – nach den individuellen Anforderungen und Spezifikationen der Nutzer bemessen, konstruiert und ausgeführt sind und Normen der Leistungsinstallation folgen, z. B. der [IEC 61936-1](#).

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 60204-11, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (verfügbar unter <http://www.graphical-symbols.info/equipment>)

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (verfügbar unter <http://std.iec.ch/iec60617>)

IEC 60730-1, *Automatic electrical controls – Part 1: General requirements*

IEC 61230, *Live working – Portable equipment for earthing or earthing and short-circuiting*

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

IEC 62477-1:2012, *Safety requirements for power electronic converter systems and equipment – Part 1: General*
IEC 62477-1:2012/AMD1:2016

IEC Guide 104, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

ISO/IEC Guide 51:2014, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach **IEC 62477-1:2012**, IEC 62477-1:2012/AMS1:2016 und die folgenden Begriffe.

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

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

3.24

Versorgungsnetz

Ersatz:

Energieverteilungssystem, das ein PEC oder PECS mit Energie versorgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Versorgungsspannungsebene kann irgendeine Spannung zwischen 0 V und 36 kV Wechselspannung oder 54 kV Gleichspannung sein.

3.27

Einbaugerät

(en: open type equipment)

Ergänzung:

Anmerkung 1 zum Begriff: HV-Einbaubetriebsmittel können auch hinter einer Barriere, einem Zaun, einer baulichen Struktur usw. installiert sein, welche denselben Schutz bietet wie ein Gehäuse.

Zusätzliche Begriffe:

3.101

Hochspannungs-PEC oder -PECS

HV-PEC oder -PECS

PEC oder PECS mit einer Systemspannung von 1 000 V Wechselspannung oder 1 500 V Gleichspannung bis zu 36 kV Wechselspannung oder 54 kV Gleichspannung

3.102

Benutzerbereich

(en: operator access area)

Bereich, in dem unter normalen Betriebsbedingungen

- a) Zugang ohne Benutzung eines Werkzeugs gewährt ist oder
- b) die Mittel zur Schaffung des Zugangs dem Bediener frei zugänglich sind oder
- c) der Bediener angewiesen ist, sich Zugang zu verschaffen, ungeachtet, ob Werkzeuge dafür nötig sind,

Anmerkung 1 zum Begriff: Im vorliegenden Dokument beziehen sich „Zugang“ und „zugänglich“, soweit nicht näher benannt, auf den Bedienerzugang entsprechend dieser Definition.

4 Schutz gegen Gefährdungen

4.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.1, gilt mit folgender Ausnahme:

Dieses Dokument wurde hauptsächlich für Betriebsmittel verfasst, die in einem Gehäuse untergebracht sind. Dieses Dokument erlaubt auch ihre Anwendung auf Einbaugeräte. Bei Anwendung dieses Dokuments auf Einbaugeräte wird empfohlen, zusätzlich auch eine Installationsnorm anzuwenden.

Wenn der Hersteller den Betrieb nach einem Einfachfehler zulässt, ist der Hersteller verantwortlich, alle angemessenen Sicherheitsinformationen in der Produktdokumentation zur Verfügung zu stellen, siehe 6.4.3.101.

In Fällen, in denen Komponenten als Teile eines PECS benutzt werden und die relevanten Produktnormen für diese Komponenten keine Sicherheitsanforderungen enthalten, die gleich oder strenger sind, als die Anforderungen in dem vorliegenden Dokument, erfüllen weder die Komponenten noch das gesamte PECS das vorliegende Dokument, außer das PECS, welches diese Komponenten enthält, kann entsprechend den Anforderungen des vorliegenden Dokuments qualifiziert werden.

4.2 Fehlerbedingungen und außergewöhnliche Bedingungen

Ersatz:

PECS müssen so ausgelegt sein, dass Betriebsarten oder Schaltfolgen vermieden werden, die eine Fehlerbedingung oder einen Bauelementeausfall verursachen, durch die eine Gefährdung entsteht, sofern nicht weitere Maßnahmen durch die Installation vorgesehen sind und diese in den mit dem PECS bereitgestellten Installationsangaben beschrieben sind. Die Anforderungen in diesem Unterabschnitt 4.2 gelten gleichermaßen für außergewöhnliche Bedingungen, sofern anwendbar.

Es muss eine Stromkreisanalyse oder -prüfung durchgeführt werden, um zu bestimmen, ob der Ausfall bestimmter Bauelemente einschließlich des Isoliersystems, der Anschlüsse usw. zu einer Gefährdung führen würde.

Die Analyse muss Situationen einschließen, in denen der Ausfall eines Bauelements oder der (Funktions-, Basis- oder zusätzlichen) Isolierung führen würde zu:

- einem Einfluss auf die Bestimmung der maßgeblichen Spannung nach 4.4.2;
- einem Risiko durch elektrischen Schlag aufgrund von
 - Verschlechterung des Basisschutzes nach 4.4.3 oder

- Verschlechterung des Fehlerschutzes nach 4.4.4;
- einem Risiko durch energetische Gefährdung nach 4.5;
- einem Risiko durch Beeinträchtigung aufgrund der Abgabe von Flammen, geschmolzenen Teilchen oder geschmolzenem Metall eines Brandes oder von Hitzeeinwirkung nach 4.6.1 bis 4.6.3;
- einem Risiko durch thermische Gefährdung aufgrund zu hoher Temperatur nach 4.6.4;
- einem Risiko durch mechanische Gefährdung nach 4.7;
- elektromagnetischer Kraft und thermischer Gefährdung nach 4.3.

ANMERKUNG Im vorliegenden Dokument ist keine Anforderung zum Schutz gegen chemische Gefährdungen vorgesehen. Die Produktkomitees oder die Hersteller können dies in Betracht ziehen, wenn es für ihre Produkte zutrifft.

Die Prüfung ist notwendig, sofern nicht durch die Analyse überzeugend nachgewiesen werden kann, dass durch den Ausfall des Bauelements keine Gefährdung entstehen kann. Bei der Analyse oder Prüfung sind die Auswirkungen von Kurzschluss und Stromkreisunterbrechung auf das Bauelement zu berücksichtigen. Die Übereinstimmung mit den Anforderungen muss nach 5.2.4.6 geprüft werden.

Die Bewertung der Bauelemente muss auf der erwarteten Beanspruchung beruhen, die während der erwarteten Lebensdauer des PECS auftritt, einschließlich, aber nicht beschränkt auf:

- festgelegte klimatische und mechanische Bedingungen nach 4.9 (Temperatur, Luftfeuchte, Schwingungen usw.),
- elektrische Kennwerte nach 4.4.7 (erwartete Stoßspannung, Arbeitsspannung, zeitweilige Überspannung usw.) und
- Mikroumgebung nach 4.4.7 (Verschmutzungsgrad, Luftfeuchte usw.).

Bauelemente, deren Zuverlässigkeit nach entsprechenden Produktnormen bewertet worden ist, werden so angesehen, dass sie diese Anforderungen erfüllen und brauchen keiner weiteren Untersuchung unterzogen werden, wenn sie unter den Bedingungen geprüft worden sind, die die Anforderungen im vorliegenden Dokument erfüllen.

Die Luft- und Kriechstrecken auf Leiterplatten, einschließlich der auf ihnen montierten Bauelemente für die Funktions-, Basis-, zusätzliche und verstärkte Isolierung, die nach 4.4.7.4 und 4.4.7.5 ausgelegt sind, werden so angesehen, dass sie diese Anforderungen erfüllen und brauchen keiner weiteren Untersuchung unterzogen zu werden.

Die Funktionsisolierung auf Leiterplatten und zwischen den Anschlüssen der auf ihnen montierten Bauelemente, die nicht die Anforderungen an die Luft- und Kriechstrecken nach 4.4.7.4 und 4.4.7.5 erfüllen, muss die Anforderung nach 4.4.7.7 erfüllen.

Zu berücksichtigen sind potenzielle Sicherheitsgefahren, die mit den Hauptbauelementen des PECS in Verbindung stehen, wie Entflammbarkeit von Fluiden in Transformatoren- und Kondensatoren.

4.3 Kurzschluss- und Überstromschutz

4.3.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012 und IEC 62477-1:2012/AMD1:2016, 4.3.1, gilt mit folgenden Ausnahmen:

Ersatz des Verweises auf 4.6.5 durch einen Verweis auf den neuen **Unterabschnitt 4.5.1.101** in dieser Norm.

Ergänzung:

Die Kurzschlussfestigkeitsanforderungen, I_{cw} oder I_{cc} , gelten nicht für HV-PEC und -PECS.

ANMERKUNG 101 Dies ändert nichts an den Anforderungen für ausgangsseitigen Kurzschluss, Überlast und Komponentenausfall oder an irgendwelchen Prüfkriterien.

4.3.2 Festlegungen für die Eingangskurzschlussfestigkeit und die Ausgangskurzschlussstrombelastbarkeit

4.3.2.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.3.2.1 gilt.

4.3.2.2 Spezifikation des bedingten Bemessungskurzschlussstroms (I_{cc}) für Eingangsports

IEC 62477-1:2012 und IEC 62477-1:2012/AMD1:2016, 4.3.2.2 gelten nicht.

4.3.2.3 Kurzschlussstrombelastbarkeit des Ausgangs

IEC 62477-1:2012, 4.3.2.3 gilt.

4.3.2.4 Kombinierte Eingangs- und Ausgangsports

IEC 62477-1:2012, 4.3.2.4 gilt.

4.3.3 Kurzschlusskoordination (Back-up-Schutz)

IEC 62477-1:2012, 4.3.3 gilt.

4.3.4 Schutz durch mehrere Einrichtungen

IEC 62477-1:2012, 4.3.4 gilt nicht.

4.3.5 Kurzzeitstromfestigkeit für Eingangsports, I_{cw}

IEC 62477-1:2012/AMD1:2016, 4.3.5 gilt nicht.

4.4 Schutz gegen elektrischen Schlag

4.4.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.4.1 gilt.

4.4.2 Klasse der maßgeblichen Spannung

4.4.2.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.4.2.1 gilt außer Folgendem.

Ergänzung:

DVC D-Stromkreise dürfen nicht zugänglich sein, solange sie Energie besitzen.

4.4.2.2 Bestimmung der Klasse der maßgeblichen Spannung

4.4.2.2.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.4.2.2.1 gilt.

4.4.2.2.2 Auswahltabellen für die Kontaktfläche und den Feuchtigkeitszustand der Haut

IEC 62477-1:2012, 4.4.2.2.2 gilt.

4.4.2.2.3 Grenzwerte der Arbeitsspannung für die DVC

IEC 62477-1:2012, 4.4.2.2.3 gilt außer Folgendem.

Ersatz der **Tabelle 5**:

Tabelle 5 – Spannungsgrenzwerte für die Klassen der maßgeblichen Spannung

Klasse der maßgeblichen Spannung (DVC)	Grenzwerte der Arbeitsspannung V		
	Wechselspannung (Effektivwert)	Wechselspannung (Scheitelwert)	Gleichspannung (Mittelwert)
	U_{ACL}	U_{ACPL}	U_{DCL}
A1	8	11,3	22
A2	12	17	28
A3	20	28,3	48
A	30 ^a	42,4	60
B	50	71	120
C	1 000	4 500 ^b	1 500
D	> 1 000	> 4 500	> 1 500
ANMERKUNG In einigen Normen haben SELV und PELV ähnliche Grenzwerte wie DVC B.			
^a In diesem Dokument werden die Grenzwerte für DVC A nur für einen Stromkreis betrachtet. Wenn mehr als ein Stromkreis mit DVC A des PECS berührbar ist und die Bewertung nach 4.2 zeigt, dass sich die Spannung der beiden Stromkreise bei einem Einzelfehler addieren können, beträgt der Grenzwert 25 V für den Effektivwert der Wechselspannung. ^b Der Wert 4 500 V lässt zu, dass alle Niederspannungs-PECS von IEC 62477-1:2012, Tabelle 9, abgedeckt werden (mögliche Reflexionen bis zu $3 \times \sqrt{(2)} \times 1\,000\text{ V} = 4\,242\text{ V}$).			

4.4.2.3 Anforderungen an den Schutz gegen elektrischen Schlag

IEC 62477-1:2012, 4.4.2.3 gilt außer Folgendem.

Ersatz der **Tabelle 6**:

Tabelle 6 – Schutzanforderungen für den betrachteten Stromkreis

DVC des betrachteten Stromkreises	Geforderter Schutz gegen direktes Berühren	Schutz gegen berührbare leitfähige Teile, die mit PE verbunden sind	Schutz gegen berührbare leitfähige Teile, die nicht mit PE verbunden sind ^g	Isolierung gegen angrenzenden Stromkreis durch DVC:			
				As ^a	B oder Ax > As	C	D
As ^a	keiner	1 ^b	1	1 ^c oder 2 ^d	2	erhöhter Schutz	erhöhter Schutz
B oder Ax > As	Basisschutz ^e	Basisschutz ^e	Basisschutz		1 ^c oder 2 ^d	erhöhter Schutz	erhöhter Schutz
C	erhöhter Schutz	Basisschutz	erhöhter Schutz			1 oder 2 ^f	erhöhter Schutz
D	erhöhter Schutz	Basisschutz	erhöhter Schutz				2

Legende

1 Isolierung ist nicht notwendig aus Gründen der Sicherheit, kann jedoch aufgrund der Funktion nach 4.4.7.3 gefordert sein.

2 Basisschutz für Stromkreis mit der höheren Spannung.

1 oder 2 Abhängig von der Trennung zu anderen Stromkreisen.

Ax > As Spannung kleiner als DVC B, aber höher als DVC As, die 4.4.2.2 nicht erfüllt.

^a A, A1, A2 oder A3, je nach Zweckmäßigkeit in Bezug auf 4.4.2.2.

^b Wenn der betrachtete Stromkreis als SELV-Kreis ausgelegt ist, dann ist Basisschutz gegen Erde und gegen PELV-Kreise gefordert.

^c Die beiden betrachteten Stromkreise haben den gleichen DVC As-Pegel.

^d Die beiden betrachteten Stromkreise haben unterschiedliche DVC As-Pegel.

^e Außer für „Fingerspitze“, siehe Tabelle 2.

^f Basisschutz ist gefordert zwischen galvanisch getrennten Stromkreisen (z. B. Versorgungsnetz, USV-Ausgang, PV- oder Generatorausgang, Hilfseinrichtungen).

^g Gilt auch für leitfähige Teile, die mit Funktionserde verbunden sind.

4.4.3 Maßnahmen für den Basisschutz

4.4.3.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.4.3.1 gilt.

4.4.3.2 Schutz durch Basisisolierung aktiver Teile

IEC 62477-1:2012, 4.4.3.2 gilt außer Folgendem.

Ergänzung der Worte „oder D“ nach „DVC C“ im ersten Absatz.

4.4.3.3 Schutz durch Schutzgehäuse oder Trennwände

IEC 62477-1:2012, 4.4.3.3 gilt außer Folgendem.

Ersatz des letzten Absatzes durch die folgenden zwei Absätze:

Produkte, die Stromkreise mit DVC A, DVC B, DVC C oder DVC D enthalten und die für den Einbau in eingeschränkten Zugangsbereichen nach IEC 62477-1:2012, 3.48 und IEC 62477-1:2012/AMD1:2016, 3.48, vorgesehen sind, brauchen keine Schutzmaßnahmen zum Schutz gegen direkte Berührung von gefährlichen aktiven Teilen zu haben.

Im Fall, dass ein PECS ohne Gehäuse installiert und betrieben werden soll (Einbaugerät), muss die Produktdokumentation fordern, dass andere Mittel zum Schutz durch die Installation bereitgestellt werden (siehe [6.3.7.101](#)).

Ergänzung:

Zusätzliche Anforderungen für DVC D-Stromkreise befinden sich in [4.4.101](#).

4.4.3.4 Schutz durch Begrenzung von Berührungsstrom und Ladung

[IEC 62477-1:2012, 4.4.3.4](#) gilt außer Folgendem.

Ersatz des ersten Absatzes einschließlich der Punkteliste:

Der Grenzwert des Berührungsstroms darf einen Wert von 3,5 mA Wechselstrom oder 10 mA Gleichstrom nicht überschreiten.

Produktkomitees, die dieses Dokument als Referenzdokument verwenden, können einen Berührungsstrom von 0,5 mA Wechselstrom / 2 mA Gleichstrom als Empfindlichkeitsschwelle betrachten, so wie es in [IEC 61140](#) vorgeschlagen ist.

4.4.3.5 Schutz durch Spannungsbegrenzung

[IEC 62477-1:2012, 4.4.3.5](#) gilt.

4.4.4 Maßnahmen für den Fehlerschutz

4.4.4.1 Allgemeines

[IEC 62477-1:2012, 4.4.4.1](#) gilt.

4.4.4.2 Schutzpotentialausgleich

4.4.4.2.1 Allgemeines

[IEC 62477-1:2012, 4.4.4.2.1](#) gilt.

4.4.4.2.2 Bemessung des Schutzpotentialausgleichs

[IEC 62477-1:2012, 4.4.4.2.2](#) gilt.

4.4.4.3 Schutzleiter

4.4.4.3.1 Allgemeines

[IEC 62477-1:2012, 4.4.4.3.1](#) gilt außer Folgendem.

Ergänzung:

Für IT-Netze kann der Hersteller die Auslegung des PE-Leiters nach 4.4.4.2.2 in Erwägung ziehen.

ANMERKUNG 1 Für IT-Netze, die nicht bei Erdschluss betrieben werden, kann der zu erwartende Kurzschlussstrom gering sein, weil der Weg dieses Stromes nur durch die parasitäre Kapazität und die Leckwiderstände geht und nicht von einer kurzgeschlossenen Versorgung getrieben wird. Dies kann eine Verringerung des Querschnitts des PE-Leiters ermöglichen. Eine Verringerung des Querschnitts des PE-Leiters kann verbessert werden durch Überwachung von Erdschlüssen und entsprechender Abschaltung, um eine Beschädigung des PE-Leiters zu vermeiden.

ANMERKUNG 2 Bei einer Reduzierung des Querschnitts des PE-Leiters befolgt der Installateur die lokal geltenden Bestimmungen.

4.4.4.3.2 Anschlusselemente für den Schutzleiter

IEC 62477-1:2012, 4.4.4.3.2 gilt.

4.4.4.3.3 Berührungsstrom bei Ausfall des Schutzleiters

IEC 62477-1:2012, 4.4.4.3.3 gilt.

4.4.4.4 Automatische Abschaltung der Stromversorgung

IEC 62477-1:2012, 4.4.4.4 gilt nur für die Niederspannungsteile oder -bereiche des PEC oder PECS.

4.4.4.5 Zusätzliche Isolierung

IEC 62477-1:2012, 4.4.4.5 gilt.

4.4.4.6 Einfache elektrische Trennung zwischen Stromkreisen

IEC 62477-1:2012, 4.4.4.6 gilt.

4.4.4.7 Schutzschirmung

IEC 62477-1:2012, 4.4.4.7 gilt.

4.4.5 Erhöhter Schutz

4.4.5.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.4.5.1 gilt.

4.4.5.2 Verstärkte Isolierung

IEC 62477-1:2012, 4.4.5.2 gilt.

4.4.5.3 Sichere Trennung zwischen Stromkreisen

IEC 62477-1:2012, 4.4.5.3 gilt.

4.4.5.4 Schutz durch Schutzimpedanz

IEC 62477-1:2012, 4.4.5.4 gilt.

4.4.6 Schutzmaßnahmen

4.4.6.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.4.6.1 gilt.

4.4.6.2 Schutzmaßnahmen für Betriebsmittel der Schutzklasse I

IEC 62477-1:2012, 4.4.6.2 gilt.

4.4.6.3 Schutzmaßnahmen für Betriebsmittel der Schutzklasse II

IEC 62477-1:2012, 4.4.6.3 gilt.

4.4.6.4 Schutzmaßnahmen für Stromkreise oder Betriebsmittel der Schutzklasse III

4.4.6.4.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.4.6.4.1 gilt.

4.4.6.4.2 Verbindung zu PELV- und SELV-Stromkreisen

IEC 62477-1:2012, 4.4.6.4.2 gilt.

4.4.7 Isolierung

4.4.7.1 Allgemeines

4.4.7.1.1 Einflussfaktoren

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.1.1 gilt.

4.4.7.1.2 Verschmutzungsgrad

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.1.2 gilt.

4.4.7.1.3 Überspannungskategorie (OVC)

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.1.3 gilt.

4.4.7.1.4 Erdungssysteme für Versorgungsnetze

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.1.4 gilt.

4.4.7.1.5 Bestimmung von Stehstoßspannung und zeitweiliger Überspannung

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.1.5 gilt außer Folgendem.

Ergänzung:

Für Systemspannungen bis zu einschließlich 1 000 V Wechselspannung oder 1 500 V Gleichspannung gilt IEC 62477-1:2012, [Tabelle 9](#). Für Systemspannungen von 1 000 V Wechselspannung oder 1 500 V Gleichspannung bis zu 36 kV Wechselspannung oder 54 kV Gleichspannung gilt [Tabelle 101](#).

Tabelle 101 – Stehstoßspannung und zeitweilige Überspannung in Abhängigkeit von der Systemspannung von 1 000 V a.c. oder 1 500 V d.c. bis zu 36 kV a.c oder 54 kV d.c

Spalte 1		2	3	4	5	6
Systemspannung V (4.4.7.1.6) bis einschließlich		Stehstoßspannung V				Zeitweilige Überspannung V
Wechselspannung	Gleichspannung	Überspannungskategorie				Effektivwert/Scheitelwert
		I	II	III	IV	
> 1 000	> 1 500	4 000	6 000	8 000	12 000	3 000 / 4 250 ^c
3 600	5 400	9 000 ^a	16 000 ^a	20 000 ^b	40 000 ^b	10 000 / 14 150 ^b
7 200	10 800	17 500 ^a	29 000 ^a	40 000 ^b	60 000 ^b	20 000 / 28 300 ^b
12 000	18 000	29 000 ^a	42 500 ^a	60 000 ^b	75 000 ^b	28 000 / 39 600 ^b
17 500	26 300	40 000 ^a	55 000 ^a	75 000 ^b	95 000 ^b	38 000 / 53 750 ^b
24 000	36 000	52 000 ^a	75 000 ^a	95 000 ^b	125 000 ^b	50 000 / 70 700 ^b
36 000	54 000	75 000 ^a	95 000 ^a	125 000 ^b	145 000 ^b	70 000 / 99 000 ^b

Interpolation ist zulässig.

ANMERKUNG 1 „Basic Impulse Level“ (BIL) und „Lightning Impulse“ (LI) sind identisch mit „Stehstoßspannung“.

ANMERKUNG 2 Tabelle 109 weicht für 1 000 V ab von IEC 62477-1, Tabelle 9, da die Werte aus unterschiedlichen Normen entnommen wurden.

^a Diese Werte sind abgeleitet oder extrapoliert von IEC 62103:2003, Tabellen 4 und 5.

^b Diese Werte sind abgeleitet oder extrapoliert von IEC 60071-1:2006, Tabelle 2.

^c Dieser Wert wurde entnommen aus IEC 60146-1-1.

4.4.7.1.6 Bestimmung der Systemspannung

4.4.7.1.6.1 Versorgungsnetz

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.1.6.1 gilt außer Folgendem.

Ergänzung:

Für Hochspannungs-PEC und -PECS, die von einem Wechselstromnetz versorgt werden, ist die Systemspannung der Effektivwert der Netzspannung zwischen zwei Phasen.

4.4.7.1.6.2 Nicht-Netzstromkreise

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.1.6.2 gilt außer Folgendem.

Ergänzung:

IEC 62477-1, 4.4.7.1.6.1, Anmerkung 4 und Anmerkung 5 gelten auch für Nicht-Netzstromkreise.

4.4.7.1.7 Bauelemente, die die Isolierung überbrücken

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.1.7 gilt.

4.4.7.2 Isolierung zur Umgebung

4.4.7.2.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.2.1 gilt.

4.4.7.2.2 An das Versorgungsnetz angeschlossene Stromkreise

IEC 62477-1:2012 4.4.7.2.2 gilt außer Folgendem.

Ergänzung:

Das Überspannungsschutzgerät muss die Bemessungsspannung, die verfügbare Energie, an die das System angeschlossen werden darf, und andere erforderliche Ausführungskriterien berücksichtigen.

4.4.7.2.3 An Nicht-Netzstromkreise angeschlossene Stromkreise

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.2.3 gilt.

4.4.7.2.4 Isolierung zwischen Stromkreisen

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.2.4 gilt.

4.4.7.3 Funktionsisolierung

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.3 gilt.

4.4.7.4 Luftstrecken

4.4.7.4.1 Bestimmung

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.4.1 gilt außer Folgendem.

Ergänzung:

Die Höhenkorrekturfaktoren können nach IEC 60071-2 berechnet werden.

Für Hochspannungs-PEC und -PECS sind Luftstrecken für verstärkte Isolierung so zu dimensionieren, dass sie die 1,6-fache Stehstoßspannung, zeitweilige Überspannung oder Betriebsspannung aushalten (siehe [Tabelle 102](#)).

Tabelle 102 – Luftstrecken für Funktions-, Basis- oder zusätzliche Isolierung

Stehstoßspannung ^a (aus Tabelle 101)	Zeitweilige Überspannung ^{a b} (Scheitelwert) ^d	Arbeitsspannung ^{a b} (periodischer Scheitelwert) ^c	Mindestluftstrecke für Höhenlagen bis 2 000 m über dem Meeresspiegel			
V	V	V	mm			
			Verschmutzungsgrad			
			1	2	3	4
20 000	12 000	7 600	25			
40 000	26 000	16 000	60			
60 000	37 000	23 000	90			
75 000	48 000	30 000	120			
95 000	61 000	38 000	160			
125 000	80 000	50 000	220			
145 000	99 000	60 000	270			
170 000	116 000	70 000	320			
250 000	170 000	103 000	480			
<p>^a Für Nicht-Netzstromkreise ist Interpolation zulässig.</p> <p>^b Interpolation ist zulässig, wenn die Luftstrecke anhand der zeitweiligen Überspannung oder der Arbeitsspannung bestimmt worden ist.</p> <p>^c Diese Spannung entspricht etwa dem 0,8-Fachen der Spannung, die erforderlich ist, um einen Überschlag der entsprechenden Luftstrecke zu erreichen.</p> <p>^d Nur für die Bestimmung der Isolierung zwischen Umgebungen und Stromkreisen von Bedeutung (von IEC 60071-1:2016).</p>						

4.4.7.4.2 Homogenität des elektrischen Feldes

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.4.2 gilt.

4.4.7.4.3 Luftstrecken zu elektrisch leitenden Schutzgehäusen

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.4.3 gilt außer Folgendem.

Ergänzung:

Siehe auch [4.12.1](#).

4.4.7.5 Kriechstrecken

4.4.7.5.1 Isolierstoffgruppen

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.5.1 gilt.

4.4.7.5.2 Bestimmung

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.5.2 gilt außer Folgendem.

Tabelle 103 – Kriechstrecken (in Millimeter)

Spalte 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Arbeits- spannung (Effektivwert)	Leiterplatten ^a		Andere Isolatoren								
	Verschmutzungs- grad		Verschmutzungsgrad								
	1	2	1	2				3			
	V	b, f	c, f	b	Isolierstoffgruppe				Isolierstoffgruppe		
I					II	IIIa	IIIb	I	II	IIIa	IIIb
12 500			50	63	90	125e		d	d	d	d, e
16 000			63	80	110	150					
20 000			80	100	140	200					
25 000			100	125	180	250					
32 000			125	160	220	320					
40 000			160	200	280	400					
50 000			200	250	360	500					
63 000			250	320	450	600					

Interpolation ist zulässig.

^a Diese Spalten gelten auch für Bauelemente und Bauteile auf Leiterplatten und für andere Kriechstrecken mit beherrschten Toleranzen.

^b Alle Werkstoffgruppen.

^c Alle Werkstoffgruppen außer IIIb.

^d Für diesen Bereich sind keine Werte für Kriechstrecken festgelegt. Werte siehe [IEC 60071-2:1996, Tabelle 1](#).

^e Isolierstoffe der Gruppe IIIb werden üblicherweise nicht für den Verschmutzungsgrad 3 über 630 V empfohlen.

^f Oberhalb von 12 500 V sind die Werte aus den entsprechenden Spalten 4 bis 11 auszuwählen.

4.4.7.6 Beschichtung

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.6 gilt.

4.4.7.7 Abstände auf Leiterplatten für die Funktionsisolierung

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.7 gilt.

4.4.7.8 Feste Isolierstoffe

4.4.7.8.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.8.1 gilt.

4.4.7.8.2 Werkstoffanforderungen

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.8.2 gilt.

4.4.7.8.3 Dünnes Folien- oder Bandmaterial

4.4.7.8.3.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.8.3.1 gilt.

4.4.7.8.3.2 Materialdicke $\geq 0,2$ mm

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.8.3.2 gilt.

4.4.7.8.3.3 Materialdicke $< 0,2$ mm

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.8.3.3 gilt.

4.4.7.8.3.4 Übereinstimmung

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.8.3.4 gilt.

4.4.7.8.4 Leiterplatten

4.4.7.8.4.1 Allgemeines

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.8.4.1 gilt.

4.4.7.8.4.2 Anwendung von Beschichtungsmaterial

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.8.4.2 gilt.

4.4.7.8.5 Wickelbauelemente

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.8.5 gilt.

4.4.7.8.6 Vergussmaterialien

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.8.6 gilt.

4.4.7.9 Verbindung von Teilen aus fester Isolierung (verklebte Spalte)

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.9 gilt.

4.4.7.10 Anforderungen an die elektrische Spannungsfestigkeit

4.4.7.10.1 Basisisolierung oder zusätzliche Isolierung

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.10.1 gilt.

4.4.7.10.2 Doppelte oder verstärkte Isolierung

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.10.2 gilt.

4.4.7.11 Isolationsanforderungen oberhalb von 30 kHz

IEC 62477-1:2012, 4.4.7.11 gilt.

4.4.8 RCD-Kompatibilität

IEC 62477-1:2012, 4.4.8 gilt.

4.4.9 Kondensatorentladung

Ersatz:

Für Schutz gegen Gefährdung durch elektrischen Schlag sind Kondensatoren in einem PECS zu entladen bis auf eine Spannung unterhalb 50 V und dürfen nach Entfernung der Versorgung von dem PECS keinen Berührungsstrom höher als die Werte in 4.4.3.4 verursachen können:

- Für PECS mit Steckanschluss Typ A oder Typ B darf die Entladezeit 1 s nicht überschreiten, oder die gefährlichen aktiven Teile müssen gegen direktes Berühren mindestens durch IPXXB geschützt sein (siehe 4.4.3.3).
- Bei fest angeschlossenen PECS darf die Entladezeit 5 s nicht überschreiten.
- Für PECS mit Steckanschluss und für fest angeschlossene PECS mit einem geeigneten Verriegelungsverfahren, das den Zugang zu den Kondensatoren solange verhindert, bis sie entladen sind, ist keine Entladezeit erforderlich.

Für Kondensatoren, die die oben genannten Anforderungen nicht erfüllen, gelten die Anforderungen zur Information und Kennzeichnung von 6.5.2.

Die Übereinstimmung wird durch die Prüfung in 5.2.3.8 und 5.2.3.7 festgestellt.

Diese Anforderung gilt auch für Kondensatoren, die zur Korrektur des Leistungsfaktors, zur Filterung usw. verwendet werden.

ANMERKUNG Produktkomitees, die dieses Dokument als Referenzdokument verwenden, können eine Ladung von 0,5 µC als Empfindungsschwelle betrachten, wie es in IEC 61140 vorgeschlagen wird.

Zusätzlicher Unterabschnitt:

4.4.101 Berührungsbedingungen für HV-PEC oder -PECS

Es muss verhindert werden, dass Personen Zugang zu den HV-Bereichen (Transformator, Umrichter, Motor, usw.) des PECS haben. Dieser Schutz wird entweder durch ein geeignetes Gehäuse nach 4.12 in Bezug auf Personensicherheit erreicht, oder richtet sich nach den Regelungen der Installation.

a) Betriebsbedingungen

Wenn ein Gehäuse verwendet wird, sind automatische Verriegelungen zu verwenden, die jeden Zugang in das Gehäuse des HV-PEC oder einem -PECS verhindern, solange der/die Hauptleistungsschalter, der/die die Hochspannung zu dem Schaltkreis bringen, eingeschaltet ist/sind und solange gefährliche aktive Teile nicht geerdet sind (siehe b). Automatische Verriegelungen werden benötigt an Türen mit Schnellöffnungsmechanismus, wie einem Handgriff mit Ein-, Drei- oder Fünfpunktriegelsystem, oder Türen mit Einpunktriegel mit Schlüsselwerkzeugriegel an den Ecken. Automatische Verriegelungen werden nicht benötigt, wenn die Tür mit Schrauben an allen vier Seiten befestigt ist (dies gilt auch für drei geschraubte Seiten und ein geschraubtes oder geschweißtes Scharnier).

b) Zugang für Instandhaltung – Erdungsanweisungen

HV-Bereiche müssen Vorrichtungen zur sicheren Erdung der energielosen HV-Teile während Wartungsarbeiten haben.

Hersteller sind verantwortlich dafür, eine sichere Methode zur Verfügung zu stellen, um die Anlagen-Erdung an dem Produkt anzubringen.

Falls ein Erdungsschalter mit dem PEC oder PECS mitgeliefert wird, muss der Hersteller Anweisungen zu dessen Bedienung bereitstellen (siehe 6.5.101).

Die Erdungskontakte oder eine Anzeige, dass die Kontakte der Erdungsschalter geschlossen sind, müssen für das Instandhaltungspersonal sichtbar sein, bevor es Zugang zu den Betriebsmitteln hat.

ANMERKUNG 1 In besonderen Fällen (zum Beispiel bei lastkommutierten Umrichtern) können zwei Erdungsgeräte (eines auf der Netzseite, eines auf der Lastseite) erforderlich sein.

Falls kein Erdungsschalter mit dem PEC oder PECS mitgeliefert wird, muss der Hersteller eine Methode zur Erdung zur Verfügung stellen, die sicher an das PEC oder PECS angeschlossen werden kann (siehe 6.5.101).

Erdungsbetriebsmittel müssen die relevanten Anforderungen von IEC 62271-102 oder IEC 61230 erfüllen.

Die Bedienung der Erdungsbetriebsmittel muss sogar im Fall eines Fehlers in einer Entladungsschaltung sicher sein. Die Anforderungen in 4.4.9 gelten für Normalbetrieb und Fehlerbetrieb einer Entladungs-

schaltung und müssen Streukapazitäten von Kabeln, Laststromkreisen, Transformatoren usw. berücksichtigen.

ANMERKUNG 2 Für die Installation ist es ratsam, Erdungsbetriebsmittel in genügender Anzahl zur Verfügung zu stellen, um sichere Wartungsarbeiten an den energiefreien HV-Teilen zu ermöglichen.

4.5 Schutz gegen energetische Gefährdungen

4.5.1 Benutzerbereich

4.5.1.1 Allgemeines

Ersatz:

Ausfall irgendeines Bauteils innerhalb des PEC oder PECS darf nicht so viel Energie freisetzen, dass dies zu einer Gefährdung führt, zum Beispiel Ausstoß von Material in einen Bereich, in dem sich Personen aufhalten.

Der Hersteller muss sicherstellen, dass Energieübertragung von der Last zu dem PEC- oder PECS-Bedienerzugangsbereich berücksichtigt wird, wo erforderlich.

Unterabschnitt 4.5 bietet Anforderungen für energetische Gefährdungen unter normalen Betriebsbedingungen, die typischerweise nicht durch Sicherheitsnormen abgedeckt wurden.

ANMERKUNG 1 Diese Gefährdungen gehören nicht zum elektrischen Schlag in 4.4 oder Feuergefährdungen in 4.6, weil diese Themen wie gelistet abgedeckt sind.

ANMERKUNG 2 Diese Gefährdungen gehören nicht zu HV-Bereichen (siehe 4.4.101 a).

Beispiele sind Hitze, Druckexplosion oder chemische Explosion.

Bei Aufstellung im allgemeinen öffentlichen Bereich muss ein Werkzeug oder ein Schlüssel für den Zugang zum Bedienerbereich des PEC oder PECS notwendig sein.

Das Betriebsmittel muss so konstruiert sein, dass durch die Erfüllung der Anforderung in 4.2 in Benutzerbereichen kein Risiko durch energetische Gefährdungen besteht.

Ein Verletzungsrisiko durch eine Gefahr der elektrischen Energie besteht, wenn:

- es eine gefährliche elektrische Energie zwischen zwei oder mehreren nichtisolierten Teilen (von denen einer geerdet sein kann) gibt, die durch ein leitendes Objekt überbrückt werden kann, und
- der zusammengesetzte Prüffinger in IEC 60529:1989, Bild 1, in irgendeiner frei beweglichen Stellung zwei oder mehrere blanke Teile (von denen eines geerdet sein kann) überbrücken kann, wo eine gefährliche Energiemenge vorhanden ist.

Falls eine gefährliche Energiemenge zwischen den betrachteten Schaltkreisen existiert:

- dann muss die Energie nach 4.5.1.101 begrenzt werden oder
- dann müssen Gehäuse, Absperrungen, Abdeckungen und ähnliche Mittel vorhanden sein, die nur mit einem Werkzeug oder einem Schlüssel entfernt werden können.

Die Übereinstimmung wird durch die Prüfung der Nichtberührbarkeit nach 5.2.2.2 festgestellt.

4.5.1.2 Bestimmung des gefährlichen Energiepegels

Ersatz:

Ein gefährlicher Energiepegel ist vorhanden, wenn:

- die Spannung 2 V oder mehr beträgt und
- eines oder beides von Folgendem zutrifft:

- Die verfügbare Leistung überschreitet die Grenze der begrenzten Stromquellen in 4.5.1.101, und
- die Energie überschreitet 20 J.

Die Übereinstimmung der begrenzten Stromquellen wird mit der Prüfung in 5.2.3.9 festgestellt und mit der folgenden Berechnung überprüft:

$$E = 0,5 CU^2$$

Dabei ist

- E die Energie in Joule (J);
 C die Kapazität in Farad (F);
 U die am Kondensator gemessene Spannung in Volt (V).

Zusätzlicher Unterabschnitt:

4.5.1.101 Begrenzte Stromquellen

Wo eine begrenzte Stromquelle vom Hersteller eingesetzt wird, muss diese Quelle die Angaben in [Tabelle 104](#) oder [Tabelle 105](#) entsprechend erfüllen.

Eine begrenzte Stromquelle muss einer der folgenden Anforderungen entsprechen:

- Der Ausgang ist inhärent begrenzt nach [Tabelle 104](#).
- Eine lineare oder nichtlineare Impedanz begrenzt den Ausgang nach [Tabelle 104](#). Wenn eine Einrichtung mit einem positiven Temperaturkoeffizienten (z. B. PTC) verwendet wird, dann muss sie die in [IEC 60730-1](#) festgelegten Prüfungen bestanden haben.
- Ein regelndes Netzwerk begrenzt den Ausgang nach [Tabelle 104](#), sowohl mit als auch ohne einen Einzelfehler im Regelnetzwerk.
- Es wird eine Überstromschutzeinrichtung verwendet und der Ausgang wird nach [Tabelle 105](#) begrenzt.

Falls die begrenzte Stromquelle auf Überstromschutzeinrichtung(en) beruht, darf der Bemessungsstrom von wenigstens einer der Überstromschutzeinrichtungen im Strompfad die Grenze nach [Tabelle 105](#) nicht überschreiten.

Wo eine Überstromschutzeinrichtung eingesetzt wird, muss dies eine Sicherung oder eine nicht einstellbare, nicht selbstrückstellende elektromechanische Einrichtung sein.

Eine begrenzte Stromquelle, die an einem Wechselstrom-Versorgungsnetz betrieben wird, oder eine batteriebetriebene begrenzte Stromquelle, die von einem Wechselstrom-Versorgungsnetz wieder aufgeladen wird, während sie die Last versorgt, muss einen eingebauten Trenntransformator besitzen.

In jedem Fall muss eine begrenzte Stromquelle die Prüfung für begrenzte Stromquellen in 5.2.3.9 bestehen, um sicherzustellen, dass keine gefährliche Energie vorhanden ist.

Tabelle 104 – Grenzwerte für Stromquellen ohne Überstrom-Schutzeinrichtung

Ausgangsspannung ^a		Ausgangsstrom ^{b d}	Scheinleistung ^{c d}
U_{oc}		I_{sc}	S
Wechselspannung V	Gleichspannung V	A	VA
≤ 30 (Effektivwert)	≤ 30	≤ 8	≤ 100
-	$30 < U_{oc} \leq 60$	$\leq 150 / U_{oc}$	≤ 100

^a U_{oc} : Ausgangsspannung gemessen nach 5.1.5.3, alle Laststromkreise abgeschaltet. Die Spannungen sind eine im Wesentlichen sinusförmige Wechselspannung und eine welligkeitsfreie Gleichspannung. Bei einer nicht sinusförmigen Wechselspannung und einer Gleichspannung mit einer Welligkeit über 10 % des Scheitelwertes darf die Scheitelspannung 42,4 V nicht überschreiten.

^b I_{sc} : maximaler Ausgangsstrom mit nicht kapazitiver Last, einschließlich eines Kurzschlusses.

^c S (VA): maximale Ausgangsscheinleistung in VA an nicht kapazitiver Last.

^d Messung von I_{sc} und Messung von S erfolgt 5 s nach dem Anschalten der Last, wenn der Schutz durch eine elektronische Schaltung oder eine Einrichtung mit positivem Temperaturkoeffizienten (z. B. PTC) gegeben ist und 60 s in allen anderen Fällen.

Tabelle 105 – Grenzwerte für Stromquellen mit Überstrom-Schutzeinrichtung

Ausgangsspannung ^a		Ausgangsstrom ^{b d}	Scheinleistung ^{c d}	Strombemessung der Überstrom- Schutzeinrichtung ^e
U_{oc}		I_{sc}	S	
Wechselspannung V	Gleichspannung V	A	VA	A
≤ 20	≤ 20	$\leq 1\,000 / U_{oc}$	≤ 250	≤ 5,0
$20 < U_{oc} \leq 30$	$20 < U_{oc} \leq 30$			$\leq 100 / U_{oc}$
-	$30 < U_{oc} \leq 60$			$\leq 100 / U_{oc}$

^a U_{oc} : Ausgangsspannung gemessen nach 5.1.5.3, alle Laststromkreise abgeschaltet. Die Spannungen sind eine im Wesentlichen sinusförmige Wechselspannung und eine welligkeitsfreie Gleichspannung. Bei einer nicht sinusförmigen Wechselspannung und einer Gleichspannung mit einer Welligkeit über 10 % des Scheitelwertes darf die Scheitelspannung 42,4 V nicht überschreiten.

^b I_{sc} : maximaler Ausgangsstrom mit nicht kapazitiver Last, einschließlich eines Kurzschlusses, gemessen 60 s nach Anschalten der Last.

^c S (VA): maximale Ausgangsscheinleistung in VA an nicht kapazitiver Last.

^d Strombegrenzende Impedanzen bleiben während der Messung im Stromkreis, Überstrom-Schutzeinrichtungen werden jedoch überbrückt.

ANMERKUNG Der Grund für die Durchführung der Messung mit überbrückter Überstrom-Schutzeinrichtung ist die Bestimmung der verfügbaren Energiemenge, die während der Ansprechzeit der Überstrom-Schutzeinrichtungen eine mögliche Überhitzung verursachen könnte.

^e Die Strombemessungen der Überstrom-Schutzeinrichtungen beruhen auf Sicherungen und Leistungsschaltern, die den Stromkreis innerhalb von 120 s bei einem Strom gleich 210 % der in der Tabelle festgelegten Strombemessung ausschalten.

ANMERKUNG Das Konzept mit begrenzter Leistungsquelle ist vorgesehen für Benutzerbereiche. Für weitere Informationen siehe IEC 60730-1.

4.5.2 Instandhaltungsbereich

IEC 62477-1:2012, 4.5.2 gilt.