

	<b>DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1)</b>	
	Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> 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.	

ICS 29.130.20

Einsprüche bis 2010-10-31

Vorgesehen als Ersatz für  
DIN EN 61439-1  
(VDE 0660-600-1):2010-06**Entwurf**

**Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen –  
Teil 1: Allgemeine Festlegungen  
(IEC 17D/405/CDV:2010);  
Deutsche Fassung FprEN 61439-1:2010**

Low-voltage switchgear and controlgear assemblies –  
Part 1: General rules  
(IEC 17D/405/CDV:2010);  
German version FprEN 61439-1:2010

Ensembles d'appareillage de basse tension –  
Partie 1: Règles générales  
(CEI 17D/405/CDV:2010);  
Version allemande FprEN 61439-1:2010

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-07-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an **dke@vde.com** in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter **www.dke.de/stellungnahme** abgerufen werden
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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

Gesamtumfang 283 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

## Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

## Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments FprEN 61439-1:2010 „Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 1: Allgemeine Festlegungen“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 17D/405/CDV:2010 „Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules“ unverändert in den Entwurf FprEN 61439-1:2010 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 17D „Low-voltage switchgear and controlgear assemblies“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium UK 431.1 „Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

## Änderungen

Gegenüber DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) in Abschnitt 5 wurden in den kennzeichnenden Merkmalen von Schnittstellen einige der Definitionen für Bemessungswerte überarbeitet;
- b) die Betriebsbedingungen in Abschnitt 7 wurden überarbeitet, z. B. für Umgebungstemperatur und Luftfeuchte;
- c) die Errichtungsbedingungen in 8.4.3.1 wurden um erforderliche Maßnahmen in TT-Netzen erweitert;
- d) in 8.5.2 wurden die Anforderungen für herausnehmbare Teile überarbeitet;
- e) die Anforderungen für Grenztemperaturen in 9.2 wurden konkretisiert;
- f) in dem umfangreichen Abschnitt 10, Bauartnachweise wurden zahlreiche technische und redaktionelle Änderungen an Prüfungen und Nachweisen vorgenommen;
- g) die Stücknachweise der Luft- und Kriechstrecken in 11.3 wurden überarbeitet;
- h) die Tabellen in Anhang C und in Anhang D wurden an veränderte Anforderungen und Nachweise angepasst;
- i) die EMV-Anforderungen in Anhang J wurden überarbeitet, um der Europäischen EMV-Richtlinie zu entsprechen;
- j) Tabellen mit Werten für Betriebsstrom und Verlustleistung von blanken Kupferschienen wurden aus Anhang H herausgelöst und in den neuen Anhang N aufgenommen;
- k) Anhang O mit einer Anleitung zum Nachweis der Erwärmung wurde neu aufgenommen;

- l) Anhang P „Nachweis zur Ermittlung der Kurzschlussfestigkeit von Sammelschienenanordnungen durch Vergleich mit einer geprüften Referenzkonstruktion mittels Berechnung“ wurde neu aufgenommen;
- m) die Norm wurde insgesamt redaktionell überarbeitet und die normativen Verweisungen aktualisiert.

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

**Tabelle NA.1**

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 472 S1:1989 + Cor.:2002	IEC 60038:1983 + A1:1994 + A2:1997	DIN IEC 60038 (VDE 0175):2002-11	VDE 0175
–	IEC 60050-151:2001	a)	–
–	IEC 60050-195:1998	a)	–
–	IEC 60050-441:2007	a)	–
–	IEC 60050-471:2007	a)	–
–	IEC 60050-601:1985	a)	–
–	IEC 60050-604:1987	a)	–
–	IEC 60050-826:2007	a)	–
EN 60068-2-2:2007	IEC 60068-2-2:2007	DIN EN 60068-2-2 (VDE 0468-2-2):2008-05	VDE 0468-2-2
EN 60068-2-11:1999	IEC 60068-2-11:1981	DIN EN 60068-2-11:2000-02	–
EN 60068-2-30:2005	IEC 60068-2-30:2005	DIN EN 60068-2-30:2006-06	–
EN 60073:2002	IEC 60073:2002	DIN EN 60073 (VDE 0199):2003-05	VDE 0199
Normen der Reihe EN 60079	Normen der Reihe IEC 60079	Normen der Reihe DIN EN 60079 (VDE 0170)	Normen der Reihe VDE 0170
EN 60085:2008	IEC 60085:2007	DIN EN 60085 (VDE 0301-1):2008-08	VDE 0301-1
–	IEC 60092-302:1997	–	–
EN 60099-1:1994 + A1:1999	IEC 60099-1:1991 + A1:1999	DIN EN 60099-1 (VDE 0675-1):2000-08	VDE 0675-1
–	–	DIN EN 60099-1 Berichtigung 1 (VDE 0675-1 Berichtigung 1):2000-11	VDE 0675-1 Berichtigung 1
EN 60112:2003	IEC 60112:2003	DIN EN 60112 (VDE 0303-11):2003-11	VDE 0303-11
–	–	DIN EN 60112 Berichtigung 2 (VDE 0303-11 Berichtigung 2):2004-02	VDE 0303-11 Berichtigung 2

— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
Normen der Reihe EN 60204	Normen der Reihe IEC 60204	Normen der Reihe DIN EN 60204 (VDE 0113)	Normen der Reihe VDE 0113
EN 60216	Normen der Reihe IEC 60216	Normen der Reihe DIN EN 60216 (VDE 0304)	Normen der Reihe VDE 0304
thematisch vergleichbar: HD 21.3	IEC 60227-3:1993 IEC 60227-3/A1:1997	thematisch vergleichbar: DIN VDE 0281-3 (VDE 0281-3)	VDE 0281-3
– –	IEC 60227-4:1992 IEC 60227-4/A1:1997	– –	– –
EN 60228:2005 + Cor.:2005	IEC 60228:2004	DIN EN 60228 (VDE 0295):2005-09	VDE 0295
thematisch vergleichbar: HD 22.3	IEC 60245-3:1994 IEC 60245-3/A1:1997	thematisch vergleichbar: DIN VDE 0282-3 (VDE 0282-3)	VDE 0282-3
thematisch vergleichbar: HD 22.4	IEC 60245-4:1994 IEC 60245-4/A1:1997 IEC 60245-4/A2:2003	thematisch vergleichbar: DIN VDE 0282-4 (VDE 0282-4)	VDE 0282-4
Normen der Reihe HD 60364 / HD 384	Normen der Reihe IEC 60364	Normen der Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100)	Normen der Reihe VDE 0100
HD 60364-4-41:2007	IEC 60364-4-41:2005, mod.	DIN VDE 0100-41 (VDE 0100-41):2007-06	VDE 0100-410
HD 60364-4-443:2006	IEC 60364-4-44:2001 + A1:2003, mod.	DIN VDE 0100-44 (VDE 0100-443):2007-06	VDE 0100-443
HD 384.5.52 S1:1995 + A1:1998	IEC 60364-5-52:1993, mod.	DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520):2003-06	VDE 0100-520
–	IEC 60364-5-53:2001	DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530):2005-06	VDE 0100-530
HD 60364-5-54:2007	IEC 60364-5-54:2002, mod.	DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540):2007-06	VDE 0100-540
–	IEC 60417 DB IEC-Online-Datenbank	–	–
EN 60445:2007	IEC 60445:2006, mod.	DIN EN 60445 (VDE 0197):2007-11	VDE 0197
EN 60446:2007	IEC 60446:2007	DIN EN 60446 (VDE 0198):2008-02	VDE 0198
EN 60447:2004	IEC 60447:2004	DIN EN 60447 (VDE 0196):2004-12	VDE 0196
– –	IEC 60502-1:2004 IEC 60502-1/A1:2009	– –	– –
EN 60529:1991 + A1:2000	IEC 60529:1989 + A1:1999	DIN EN 60529 (VDE 0470-1):2000-09	VDE 0470-1
EN 60664-1:2007	IEC 60664-1:2007	DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01	VDE 0110-1
EN 60695-2-10:2001	IEC 60695-2-10:2000	DIN EN 60695-2-10 (VDE 0471-2-10):2001-11	VDE 0471-2-10
EN 60695-2-11:2001	IEC 60695-2-11:2000	DIN EN 60695-2-11 (VDE 0471-2-11):2001-11	VDE 0471-2-11
EN 60695-10-2	IEC 60695-10-2	DIN EN 60695-10-2 (VDE 0471-10-2)	VDE 0471-10-2
EN 60695-11-5:2005	IEC 60695-11-5:2004	DIN EN 60695-11-5 (VDE 0471-11-5):2005-11	VDE 0471-11-5
HD 528 S2:1997	IEC 60890:1987 + Cor.:1988 + A1:1995	DIN VDE 0660-507 (VDE 0660-507):1997-11	VDE 0660-507

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60947-1:2004 + Cor.:2004 ersetzt durch: EN 60947-1:2007	IEC 60947-1:2004 ersetzt durch: IEC 60947-1:2007	DIN EN 60947-1 (VDE 0660-100):2005-01 ersetzt durch: DIN EN 60947-1 (VDE 0660-100):2008-04	VDE 0660-100 ersetzt durch: VDE 0660-100
EN 61000-3-2:2006 + A1:2009 + A2:2009	IEC 61000-3-2:2005 + A1:2008 + A2:2009	DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2):2010-03	VDE 0838-2
EN 61000-4-2:1995 + A1:1998 + A2:2001 ersetzt durch: EN 61000-4-2:2009	IEC 61000-4-2:1995 + A1:1998 + A2:2000 ersetzt durch: IEC 61000-4-2:2008	DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847-4-2):2001-12 ersetzt durch: DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847-4-2):2009-12	VDE 0847-4-2 ersetzt durch: VDE 0847-4-2
EN 61000-4-3:2006 + A1:2008	IEC 61000-4-3:2006 + A1:2007	DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3):2008-06	VDE 0847-4-3
EN 61000-4-4:2004	IEC 61000-4-4:2004	DIN EN 61000-4-4 (VDE 0847-4-4):2005-07	VDE 0847-4-4
EN 61000-4-5:2006	IEC 61000-4-5:2005	DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2007-06	VDE 0847-4-5
EN 61000-4-6:2007 + Cor.:2007 ersetzt durch: EN 61000-4-6:2009	IEC 61000-4-6:2003 + A1:2004 + A2:2006 ersetzt durch: IEC 61000-4-6:2008	DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2008-04 ersetzt durch: DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2009-12	VDE 0847-4-6 ersetzt durch: VDE 0847-4-6
EN 61000-4-8:1993 + A1:2001 –	IEC 61000-4-8:1993 + A1:2000 ersetzt durch: IEC 61000-4-8:2009	DIN EN 61000-4-8 (VDE 0847-4-8):2001-12 –	VDE 0847-4-8 –
EN 61000-4-11:2004	IEC 61000-4-11:2004	DIN EN 61000-4-11 (VDE 0847-4-11):2005-02	VDE 0847-4-11
EN 61000-4-13:2002	IEC 61000-4-13:2002	DIN EN 61000-4-13 (VDE 0847-4-13):2003-02	VDE 0847-4-13
EN 61000-6-1:2001 ersetzt durch: EN 61000-6-1:2007	IEC 61000-6-1:1997, mod. ersetzt durch: IEC 61000-6-1:2005	DIN EN 61000-6-1 (VDE 0839-6-1):2002-08 ersetzt durch: DIN EN 61000-6-1 (VDE 0839-6-1):2007-10	VDE 0839-6-1 ersetzt durch: VDE 0839-6-1
EN 61000-6-2:2005	IEC 61000-6-2:2005	DIN EN 61000-6-2 (VDE 0839-6-2):2006-03	VDE 0839-6-2
EN 61000-6-3:2007	IEC 61000-6-3:2006	DIN EN 61000-6-3 (VDE 0839-6-3):2007-09	VDE 0839-6-3
EN 61000-6-4:2007	IEC 61000-6-4:2006	DIN EN 61000-6-4 (VDE 0839-6-4):2007-09	VDE 0839-6-4
Normen der Reihe EN 61082	Normen der Reihe IEC 61082	Normen der Reihe DIN EN 61082 (VDE 0040)	Normen der Reihe VDE 0040
EN 61082-1	IEC 61082-1	DIN EN 61082-1 (VDE 0040-1)	VDE 0040-1
–	IEC/TR 61117:1992	DIN IEC 61117 (VDE 0660-509):1993-09	VDE 0660-509
EN 61140:2002 + A1:2006	IEC 61140:2001 + A1:2004, mod.	DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2007-03	VDE 0140-1

— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
Normen der Reihe EN 61180	Normen der Reihe IEC 61180	Normen der Reihe DIN EN 61180 (VDE 0432)	Normen der Reihe VDE 0432
–	IEC/TS 61201:2007	–	–
Normen der Reihe EN 61241	Normen der Reihe IEC 61241	Normen der Reihe DIN EN 61241 (VDE 0170-15)	Normen der Reihe VDE 0170-15
EN 61346-1:1996	IEC 61346-1:1996	DIN EN 61346-1:1997-01	–
EN 61346-2	IEC 61346-2	DIN EN 61346-2	–
EN 61439-2	IEC 61439-2	DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2)	VDE 0660-600-2
–	IEC/TR 61912-1:2007	DIN EN 60947-1 Beiblatt 1 (VDE 0660-100 Beiblatt 1):2008-02	VDE 0660-100 Beiblatt 1
–	IEC/TR 61912-2:2009	–	–
EN 62208:2003	IEC 62208:2002	DIN EN 62208 (VDE 0660-511):2005-04	VDE 0660-511
EN 50102:1995 (Boomerang EN 62262:2002)	Identisch mit IEC 62262:2002	DIN EN 50102/DIN EN 62262 (VDE 0470-100):1997-09	VDE 0470-100
EN ISO 178:2003 + A1:2005	ISO 178:2001 + A1:2004	DIN EN ISO 178:2006-04	–
Normen der Reihe EN ISO 179	Normen der Reihe ISO 179	Normen der Reihe DIN EN ISO 179	–
EN ISO 2409:1994 ersetzt durch: EN ISO 2409:2007	ISO 2409:1992 ersetzt durch: ISO 2409:2007	DIN EN ISO 2409:1994-10 ersetzt durch: DIN EN ISO 2409:2007-08	– –
EN ISO 4628-3:2003	ISO 4628-3:2003	DIN EN ISO 4628-3:2004-01	–
EN ISO 4892-2:1999 ersetzt durch: EN ISO 4892-2:2006 + A1:2009	ISO 4892-2:1994 ersetzt durch: ISO 4892-2:2006 + A1:2009	DIN EN ISO 4892-2:2000-11 ersetzt durch: DIN EN ISO 4892-2:2009-11	– –
EN 55011:2007 + A2:2007 ersetzt durch: EN 55011:2009	IEC/CISPR 11:2003 + A1:2004, mod. + A2:2006 ersetzt durch: CISPR 11:2009	DIN EN 55011 (VDE 0875-11):2007-11 ersetzt durch: DIN EN 55011 (VDE 0875-11):2010-05	VDE 0875-11  VDE 0875-11
EN 55022:2006 + A1:2007	CISPR 22:2005, mod. + A1:2005 ersetzt durch: CISPR 22:2008	DIN EN 55022 (VDE 0878-22):2008-05	VDE 0878-22
–	–	–	–
–	–	DIN 43671:1975-12	–
a) „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, im Rahmen der Datenbankanwendung DIN-TERM zu beziehen über Beuth Verlag.			

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

DIN 43671:1975-12, *Stromschienen aus Kupfer – Bemessung für Dauerstrom*

DIN EN 50102/DIN EN 62262 (VDE 0470-100):1997-09, *Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel (Ausrüstung) gegen äußere mechanische Beanspruchungen (IK-Code); Deutsche Fassung EN 50102:1995 (Hinweis: identisch mit IEC 62262:2002 (Boomerang EN 62262:2002))*

DIN EN 55011 (VDE 0875-11):2007-11 (zurückgezogen), *Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Hochfrequenzgeräte (ISM-Geräte) – Funkstörungen – Grenzwerte und Messverfahren (IEC/CISPR 11:2003 + A1:2004, modifiziert + A2:2006); Deutsche Fassung EN 55011:2007 + A2:2007*

DIN EN 55011 (VDE 0875-11):2010-05, *Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Geräte – Funkstörungen – Grenzwerte und Messverfahren (IEC/CISPR 11:2009, modifiziert); Deutsche Fassung EN 55011:2009*

DIN EN 55022 (VDE 0878-22):2008-05, *Einrichtungen der Informationstechnik – Funkstöreigenschaften – Grenzwerte und Messverfahren (IEC/CISPR 22:2005, modifiziert + A1:2005); Deutsche Fassung EN 55022:2006 + A1:2007*

DIN EN 60068-2-2 (VDE 0468-2-2):2008-05, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-2: Prüfverfahren – Prüfung B: Trockene Wärme (IEC 60068-2-2:2007); Deutsche Fassung EN 60068-2-2:2007*

DIN EN 60068-2-11:2000-02, *Umweltprüfungen – Teil 2: Prüfungen – Prüfung Ka: Salznebel (IEC 60068-2-11:1981); Deutsche Fassung EN 60068-2-11:1999*

DIN EN 60068-2-30:2006-06, *Umgebungseinflüsse – Teil 2-30: Prüfverfahren – Prüfung Db: Feuchte Wärme, zyklisch (12 + 12 Stunden) (IEC 60068-2-30:2005); Deutsche Fassung EN 60068-2-30:2005*

DIN EN 60073 (VDE 0199):2003-05, *Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle, Kennzeichnung – Codierungsgrundsätze für Anzeigengeräte und Bedienteile (IEC 60073:2002); Deutsche Fassung EN 60073:2002*

DIN EN 60079 (VDE 0170) (Reihe), *Explosionsfähige Atmosphäre*

DIN EN 60085 (VDE 0301-1):2008-08, *Elektrische Isolierung – Thermische Bewertung und Bezeichnung (IEC 60085:2007); Deutsche Fassung EN 60085:2008*

DIN EN 60099-1 (VDE 0675-1):2000-08, *Überspannungsableiter – Teil 1: Überspannungsableiter mit nicht-linearen Widerständen und Funkenstrecken für Wechselspannungsnetze (IEC 60099-1:1991 + A1:1999); Deutsche Fassung EN 60099-1:1994 + A1:1999*

DIN EN 60099-1 Berichtigung 1 (VDE 0675-1 Berichtigung 1):2000-11, *Berichtigung zu DIN EN 60099-1 (VDE 0675-1):2000-08*

DIN EN 60112 (VDE 0303-11):2003-11, *Verfahren zur Bestimmung der Prüfzahl und der Vergleichszahl der Kriechwegbildung von festen, isolierenden Werkstoffen (IEC 60112:2003); Deutsche Fassung EN 60112:2003*

DIN EN 60112 Berichtigung 2 (VDE 0303-11 Berichtigung 2):2004-02, *Berichtigungen zu DIN EN 60112 (VDE 0303-11):2003-11*

DIN EN 60204 (VDE 0113) (Reihe), *Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen*

DIN EN 60216 (VDE 0304) (Reihe), *Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens*

DIN EN 60228 (VDE 0295):2005-09, *Leiter für Kabel und isolierte Leitungen (IEC 60228:2004); Deutsche Fassung EN 60228:2005 + Corrigendum:2005*

## — Entwurf —

### E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08

DIN EN 60445 (VDE 0197):2007-11, *Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle – Kennzeichnung der Anschlüsse elektrischer Betriebsmittel und angeschlossener Leiterenden* (IEC 60445:2006, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60445:2007

DIN EN 60446 (VDE 0198):2008-02, *Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle – Kennzeichnung von Leitern durch Farben oder alphanumerische Zeichen* (IEC 60446:2007); Deutsche Fassung EN 60446:2007

DIN EN 60447 (VDE 0196):2004-12, *Grund- und Sicherheitsregeln für die Mensch-Maschine-Schnittstelle, Kennzeichnung – Bedienungsgrundsätze* (IEC 60447:2004); Deutsche Fassung EN 60447:2004

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

DIN EN 60664-1 (VDE 0110-1):2008-01, *Isolationskoordination für elektrische Betriebsmittel in Niederspannungsanlagen – Teil 1: Grundsätze, Anforderungen und Prüfungen* (IEC 60664-1:2007); Deutsche Fassung EN 60664-1:2007

DIN EN 60695-2-10 (VDE 0471-2-10):2001-11, *Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr – Teil 2-10: Prüfungen mit dem Glühdraht – Glühdrahtprüfeinrichtungen und allgemeines Prüfverfahren* (IEC 60695-2-10:2000); Deutsche Fassung EN 60695-2-10:2001

DIN EN 60695-2-11 (VDE 0471-2-11):2001-11, *Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr – Teil 2-11: Prüfungen mit dem Glühdraht – Prüfungen mit dem Glühdraht zur Entzündbarkeit von Enderzeugnissen* (IEC 60695-2-11:2000); Deutsche Fassung EN 60695-2-11:2001

DIN EN 60695-10-2 (VDE 0471-10-2), *Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr – Teil 10-2: Unübliche Wärme – Kugeldruckprüfung* (IEC 60695-10-2); Deutsche Fassung EN 60695-10-2

DIN EN 60695-11-5 (VDE 0471-11-5):2005-11, *Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr – Teil 11-5: Prüfflammen – Prüfverfahren mit der Nadelflamme – Versuchsaufbau, Vorkehrungen zur Bestätigungsprüfung und Leitfaden* (IEC 60695-11-5:2004); Deutsche Fassung EN 60695-11-5:2005

DIN EN 60947-1 (VDE 0660-100):2005-01 (zurückgezogen), *Niederspannungsschaltgeräte – Teil 1: Allgemeine Festlegungen* (IEC 60947-1:2004); Deutsche Fassung EN 60947-1:2004 + Corrigendum 2004

DIN EN 60947-1 (VDE 0660-100):2008-04, *Niederspannungsschaltgeräte – Teil 1: Allgemeine Festlegungen* (IEC 60947-1:2007); Deutsche Fassung EN 60947-1:2007

DIN EN 60947-1 Beiblatt 1 (VDE 0660-100 Beiblatt 1):2008-02, *Niederspannungsschaltgeräte – Überstrom-Schutzeinrichtungen – Teil 1: Anwendung der Kurzschlussbemessungswerte* (IEC/TR 61912-1:2007)

DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2):2010-03, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-2: Grenzwerte – Grenzwerte für Oberschwingungsströme (Geräte-Eingangstrom = 16 A je Leiter)* (IEC 61000-3-2:2005 + A1:2008 + A2:2009); Deutsche Fassung EN 61000-3-2:2006 + A1:2009 + A2:2009

DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847-4-2):2001-12 (zurückgezogen), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität* (IEC 61000-4-2:1995 + A1:1998 + A2:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-2:1995 + A1:1998 + A2:2001

DIN EN 61000-4-2 (VDE 0847-4-2):2009-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-2: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität* (IEC 61000-4-2:2008); Deutsche Fassung EN 61000-4-2:2009

DIN EN 61000-4-3 (VDE 0847-4-3):2008-06, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-3: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder* (IEC 61000-4-3:2006 + A1:2007); Deutsche Fassung EN 61000-4-3:2006 + A1:2008

DIN EN 61000-4-4 (VDE 0847-4-4):2005-07, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-4: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst* (IEC 61000-4-4:2004); Deutsche Fassung EN 61000-4-4:2004

DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2007-06, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-5: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen* (IEC 61000-4-5:2005); Deutsche Fassung EN 61000-4-5:2006

- DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2008-04 (zurückgezogen), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren – Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder (IEC 61000-4-6:2003 + A1:2004 + A2:2006); Deutsche Fassung EN 61000-4-6:2007 + Corrigendum August 2007*
- DIN EN 61000-4-6 (VDE 0847-4-6):2009-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-6: Prüf- und Messverfahren – Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder (IEC 61000-4-6:2008); Deutsche Fassung EN 61000-4-6:2009*
- DIN EN 61000-4-8 (VDE 0847-4-8):2001-12, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-8: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Magnetfelder mit energietechnischen Frequenzen (IEC 61000-4-8:1993 + A1:2000); Deutsche Fassung EN 61000-4-8:1993 + A1:2001*
- DIN EN 61000-4-11 (VDE 0847-4-11):2005-02, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-11: Prüf- und Messverfahren – Prüfungen der Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, Kurzzeitunterbrechungen und Spannungsschwankungen (IEC 61000-4-11:2004); Deutsche Fassung EN 61000-4-11:2004*
- DIN EN 61000-4-13 (VDE 0847-4-13):2003-02, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-13: Prüf- und Messverfahren – Prüfungen der Störfestigkeit am Wechselstrom-Netzanschluss gegen Oberschwingungen und Zwischenharmonische einschließlich leitungsgeführter Störgrößen aus der Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen (IEC 61000-4-13:2002); Deutsche Fassung EN 61000-4-13:2002*
- DIN EN 61000-6-1 (VDE 0839-6-1):2002-08 (zurückgezogen), *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-1: Fachgrundnorm – Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-1:1997, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61000-6-1:2001*
- DIN EN 61000-6-1 (VDE 0839-6-1):2007-10, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-1: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-1:2005); Deutsche Fassung EN 61000-6-1:2007*
- DIN EN 61000-6-2 (VDE 0839-6-2):2006-03, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-2: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Industriebereiche (IEC 61000-6-2:2005); Deutsche Fassung EN 61000-6-2:2005*
- DIN EN 61000-6-3 (VDE 0839-6-3):2007-09, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-3: Fachgrundnormen – Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-3:2006); Deutsche Fassung EN 61000-6-3:2007*
- DIN EN 61000-6-4 (VDE 0839-6-4):2007-09, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-4: Fachgrundnormen – Störaussendung für Industriebereiche (IEC 61000-6-4:2006); Deutsche Fassung EN 61000-6-4:2007*
- DIN EN 61082 (VDE 0040) (Reihe), *Dokumente der Elektrotechnik*
- DIN EN 61082-1 (VDE 0040-1), *Dokumente der Elektrotechnik – Teil 1: Regeln (IEC 61082-1); Deutsche Fassung EN 61082-1*
- DIN EN 61140 (VDE 0140-1):2007-03, *Schutz gegen elektrischen Schlag – Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel (IEC 61140:2001 + A1:2004, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61140:2002 + A1:2006*
- DIN EN 61180 (VDE 0432) (Reihe), *Hochspannungs-Prüftechnik für Niederspannungsgeräte*
- DIN EN 61241 (VDE 0170-15) (Reihe), *Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub*
- DIN EN 61346-1:1997-01, *Industrielle Systeme, Anlagen und Ausrüstungen und Industrieprodukte – Strukturierungsprinzipien und Referenzkennzeichnung – Teil 1: Allgemeine Regeln (IEC 61346-1:1996); Deutsche Fassung EN 61346-1:1996*
- DIN EN 61346-2, *Industrielle Systeme, Anlagen und Ausrüstungen und Industrieprodukte – Strukturierungsprinzipien und Referenzkennzeichnung – Teil 2: Klassifizierung von Objekten und Kodierung von Klassen (IEC 61346-2); Deutsche Fassung EN 61346-2*
- DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2), *Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 2: Energie-Schaltgerätekombinationen (IEC 61439-2); Deutsche Fassung EN 61439-2*

## — Entwurf —

### E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08

DIN EN 62208 (VDE 0660-511):2005-04, *Leergehäuse für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Allgemeine Anforderungen (IEC 62208:2002); Deutsche Fassung EN 62208:2003*

DIN EN ISO 178:2006-04, *Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften (ISO 178:2001 + A1:2004); Deutsche Fassung EN ISO 178:2003 + A1:2005*

DIN EN ISO 179 (Reihe), *Kunststoffe – Bestimmung der Charpy-Schlageigenschaften*

DIN EN ISO 2409:1994-10 (zurückgezogen), *Lacke und Anstrichstoffe – Gitterschnittprüfung (ISO 2409:1992); Deutsche Fassung EN ISO 2409:1994*

DIN EN ISO 2409:2007-08, *Beschichtungsstoffe – Gitterschnittprüfung (ISO 2409:2007); Deutsche Fassung EN ISO 2409:2007*

DIN EN ISO 4628-3:2004-01, *Beschichtungsstoffe – Beurteilung von Beschichtungsschäden – Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen – Teil 3: Bewertung des Rostgrades (ISO 4628-3:2003); Deutsche Fassung EN ISO 4628-3:2003*

DIN EN ISO 4892-2:2000-11 (zurückgezogen), *Kunststoffe – Künstliches Bewittern oder Bestrahlen in Geräten – Teil 2: Gefilterte Xenonbogenstrahlung (ISO 4892-2:1994); Deutsche Fassung EN ISO 4892-2:1999*

DIN EN ISO 4892-2:2009-11, *Kunststoffe – Künstliches Bestrahlen oder Bewittern in Geräten – Teil 2: Xenonbogenlampen (ISO 4892-2:2006 + A1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 4892-2:2006 + A1:2009*

DIN IEC 60038 (VDE 0175):2002-11, *IEC-Normspannungen (IEC 60038:1983 + A1:1994 + A2:1997); Umsetzung von HD 472 S1:1989 + Cor. zu HD 472 S1:2002-02*

DIN IEC 61117 (VDE 0660-509):1993-09, *Niederspannung-Schaltgerätekombinationen – Verfahren zur Ermittlung der Kurzschlussfestigkeit von partiell typgeprüften Schaltgerätekombinationen (PTSK); Identisch mit Report IEC 61117:1992*

DIN VDE 0100 (VDE 0100) (Reihe), *Errichten von Niederspannungsanlagen*

DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag (IEC 60364-4-41:2005, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-41:2007*

DIN VDE 0100-443 (VDE 0100-443):2007-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-44: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen – Abschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen (IEC 60364-4-44:2001 + A1:2003, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-443:2006*

DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520):2003-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kapitel 52: Kabel- und Leitungsanlagen (IEC 60364-5-52:1993, modifiziert); Deutsche Fassung HD 384.5.52 S1:1995 + A1:1998*

DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530):2005-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 530: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte*

DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540):2007-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter (IEC 60364-5-54:2002, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-5-54:2007*

DIN VDE 0281-3 (VDE 0281-3), *Polyvinylchlorid-isolierte Leitungen mit Nennspannungen bis 450/750 V – Teil 3: Aderleitungen für feste Verlegung; Deutsche Fassung HD 21.3*

DIN VDE 0282-3 (VDE 0282-3), *Starkstromleitungen mit vernetzter Isolierhülle für Nennspannungen bis 450/750 V – Teil 3: Wärmebeständige Silikonaderleitungen; Deutsche Fassung HD 22.3*

DIN VDE 0282-4 (VDE 0282-4), *Starkstromleitungen mit vernetzter Isolierhülle für Nennspannungen bis 450/750 V – Teil 4: Flexible Leitungen; Deutsche Fassung HD 22.4*

DIN VDE 0660-507 (VDE 0660-507):1997-11, *Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Verfahren zur Ermittlung der Erwärmung von partiell typgeprüften Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen (PTSK) durch Extrapolation (IEC 60890:1987 + Corrigendum 1988 + A1:1995); Deutsche Fassung HD 528 S2:1997*

## Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 1: Allgemeine Festlegungen

### Inhalt

	Seite
Einleitung .....	8
1 Anwendungsbereich .....	9
2 Normative Verweisungen .....	9
3 Begriffe .....	12
3.1 Allgemeine Begriffe .....	12
3.2 Baueinheiten von Schaltgerätekombinationen .....	14
3.3 Äußere Bauformen von Schaltgerätekombinationen .....	15
3.4 Konstruktionsteile von Schaltgerätekombinationen .....	16
3.5 Aufstellungsbedingungen von Schaltgerätekombinationen .....	18
3.6 Isolationseigenschaften .....	19
3.7 Schutz gegen elektrischen Schlag .....	22
3.8 Merkmale .....	25
3.9 Nachweise .....	28
3.10 Hersteller/Anwender .....	29
4 Formelzeichen und Abkürzungen .....	29
5 Kennzeichnende Merkmale von Schnittstellen .....	30
5.1 Allgemeines .....	30
5.2 Bemessungswerte für Spannungen .....	30
5.2.1 Bemessungsspannung ( $U_n$ ) (einer Schaltgerätekombination) .....	30
5.2.2 Bemessungsbetriebsspannung ( $U_e$ ) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination) .....	30
5.2.3 Bemessungsisolationsspannung ( $U_i$ ) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination) .....	30
5.2.4 Bemessungsstoßspannungsfestigkeit ( $U_{imp}$ ) (der Schaltgerätekombination) .....	30
5.3 Bemessungswerte für Ströme .....	31
5.3.1 Bemessungsstrom der Schaltgerätekombination ( $I_{nA}$ ) .....	31
5.3.2 Bemessungsstrom eines Stromkreises ( $I_{nc}$ ) .....	31
5.3.3 Bemessungsbelastungsfaktor (RDF) .....	31
5.3.4 Bemessungsstoßstromfestigkeit ( $I_{pk}$ ) .....	32
5.3.5 Bemessungskurzzeitstromfestigkeit ( $I_{cw}$ ) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination) .....	32
5.3.6 Bedingter Bemessungskurzschlussstrom einer Schaltgerätekombination ( $I_{cc}$ ) .....	32
5.4 Bemessungsfrequenz ( $f_n$ ) .....	32
5.5 Weitere kennzeichnende Merkmale .....	32
6 Angaben .....	33
6.1 Kennzeichnung der Schaltgerätekombination .....	33
6.2 Dokumentation .....	33
6.2.1 Angaben für die Schaltgerätekombination .....	33

# — Entwurf —

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

	Seite
6.2.2 Handhabungs-, Aufstellungs-, Betriebs- und Wartungsanweisungen .....	34
6.3 Identifizierung von Geräten und/oder Bauteilen .....	34
7 Betriebsbedingungen .....	34
7.1 Übliche Betriebsbedingungen .....	34
7.1.1 Umgebungstemperatur .....	35
7.1.2 Bedingungen hinsichtlich Luftfeuchte .....	35
7.1.3 Verschmutzungsgrad .....	35
7.1.4 Höhenlage .....	36
7.2 Besondere Betriebsbedingungen .....	36
7.3 Bedingungen während des Transports, der Lagerung und der Aufstellung .....	36
8 Bauanforderungen .....	37
8.1 Festigkeit von Werkstoffen und Teilen .....	37
8.1.1 Allgemeines .....	37
8.1.2 Korrosionsschutz .....	37
8.1.3 Thermische Stabilität .....	37
8.1.4 UV-Beständigkeit .....	37
8.1.5 Beständigkeit von Isolierstoffen gegen Wärme und Feuer .....	37
8.1.6 Mechanische Festigkeit .....	38
8.1.7 Hebevorrichtung .....	38
8.2 Schutzart realisiert durch die Umhüllung einer Schaltgerätekombination .....	38
8.2.1 Schutz gegen mechanische Einwirkung .....	38
8.2.2 Schutz gegen Berührung aktiver Teile, gegen Eindringen fester Fremdkörper und Wasser .....	38
8.2.3 Schaltgerätekombination mit herausnehmbaren Teilen .....	39
8.3 Luft- und Kriechstrecken .....	39
8.3.1 Allgemeines .....	39
8.3.2 Luftstrecken .....	40
8.3.3 Kriechstrecken .....	40
8.4 Schutz gegen elektrischen Schlag .....	41
8.4.1 Allgemeines .....	41
8.4.2 Basisschutz .....	41
8.4.3 Fehlerschutz .....	42
8.4.5 Begrenzung von Beharrungsberührungsstrom und Ladung .....	45
8.4.6 Bedienungs- und Instandhaltungsbedingungen .....	45
8.5 Einbau von Betriebsmitteln .....	47
8.5.1 Einsätze .....	47
8.5.2 Herausnehmbare Teile .....	47
8.5.3 Auswahl der Betriebsmittel .....	47
8.5.4 Einbau der Betriebsmittel .....	48
8.5.5 Zugängigkeit .....	48
8.5.6 Abdeckungen .....	48
8.5.7 Betätigungssinn und Anzeige von Schaltstellungen .....	49
8.5.8 Leuchtmelder und Drucktaster .....	49
8.6 Stromkreise und Verbindungen innerhalb von Schaltgerätekombinationen .....	49

	Seite
8.6.1	Hauptstromkreise ..... 49
8.6.2	Hilfsstromkreise ..... 49
8.6.3	Blanke und isolierte Leiter ..... 50
8.6.4	Auswahl und Verlegung von nicht geschützten aktiven Leitern, um die Möglichkeit von Kurzschlüssen zu reduzieren ..... 50
8.6.5	Kennzeichnung der Leiter in Haupt- und Hilfsstromkreisen ..... 51
8.6.6	Kennzeichnung des Schutzleiters (PE, PEN) und des Neutralleiters (N) in Hauptstromkreisen ..... 51
8.7	Wärmeabfuhr ..... 51
8.8	Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter ..... 51
9	Anforderungen an das Verhalten ..... 53
9.1	Isolationseigenschaften ..... 53
9.1.1	Allgemeines ..... 53
9.1.2	Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit ..... 53
9.1.3	Stoßspannungsfestigkeit ..... 53
9.1.4	Schutz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen ..... 53
9.2	Grenzübertemperaturen ..... 53
9.3	Kurzschlusschutz und Kurzschlussfestigkeit ..... 54
9.3.1	Allgemeines ..... 54
9.3.2	Angaben über die Kurzschlussfestigkeit ..... 54
9.3.3	Beziehung zwischen Stoßstrom und Kurzzeitstrom ..... 55
9.3.4	Koordination von Schutzeinrichtungen ..... 55
9.4	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ..... 56
10	Bauartnachweis ..... 56
10.1	Allgemeines ..... 56
10.2	Festigkeit von Werkstoffen und Teilen ..... 57
10.2.1	Allgemeines ..... 57
10.2.2	Korrosionsbeständigkeit ..... 57
10.2.3	Eigenschaften von Isolierwerkstoffen ..... 59
10.2.4	Beständigkeit gegen ultra-violette (UV) Strahlung ..... 60
10.2.5	Anheben ..... 60
10.2.6	Schlagprüfung ..... 61
10.2.7	Aufschriften ..... 61
10.3	Schutzart von Umhüllungen ..... 61
10.4	Luft- und Kriechstrecken ..... 61
10.5	Schutz gegen elektrischen Schlag und Durchgängigkeit von Schutzleiterkreisen ..... 62
10.5.1	Wirksamkeit des Schutzleiterkreises ..... 62
10.5.2	Durchgängigkeit der Verbindung zwischen Körpern der Schaltgerätekombination und Schutzleiterkreis ..... 62
10.5.3	Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiterkreises ..... 62
10.6	Einbau von Betriebsmitteln ..... 63
10.6.1	Allgemeines ..... 63
10.6.2	Elektromagnetische Verträglichkeit ..... 63
10.7	Innere elektrische Stromkreise und Verbindungen ..... 63
10.8	Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter ..... 63

# — Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

	Seite
10.9 Isolationseigenschaften .....	63
10.9.1 Allgemeines .....	63
10.9.2 Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit.....	63
10.9.3 Stoßspannungsfestigkeit .....	64
10.9.4 Prüfung von Umhüllungen aus Isolierstoff.....	66
10.9.5 Äußere Bediengriffe aus Isolierstoff .....	66
10.10 Nachweis der Erwärmung.....	66
10.10.1 Allgemeines .....	66
10.10.2 Nachweis durch Prüfung mit Strom .....	67
10.10.3 Ableitung von Bemessungswerten für ähnliche Varianten .....	72
10.10.4 Nachweis durch Begutachtung .....	74
10.11 Kurzschlussfestigkeit .....	77
10.11.1 Allgemeines .....	77
10.11.2 Stromkreise von Schaltgerätekombinationen, für die der Nachweis der Kurzschlussfestigkeit nicht gefordert ist.....	77
10.11.3 Nachweis durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion – mittels einer Checkliste.....	77
10.11.4 Nachweis durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion – durch Berechnung .....	77
10.11.5 Nachweis durch Prüfung.....	78
10.12 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) .....	83
10.13 Mechanische Funktion .....	83
11 Stücknachweis .....	83
11.1 Allgemeines .....	83
11.2 Schutzart von Umhüllungen.....	84
11.3 Luft- und Kriechstrecken.....	84
11.4 Schutz gegen elektrischen Schlag und Durchgängigkeit der Schutzleiterkreise .....	84
11.5 Einbau von Betriebsmitteln .....	84
11.6 Innere elektrische Stromkreise und Verbindungen.....	84
11.7 Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter .....	84
11.8 Mechanische Funktion .....	85
11.9 Isolationseigenschaften .....	85
11.10 Verdrahtung, Betriebsverhalten und Funktion .....	85
Anhang A (normativ) Größte und kleinste Anschlussquerschnitte für von außen eingeführte Kupferleiter.....	93
Anhang B (normativ) Verfahren für die Querschnittsberechnung von Schutzleitern im Hinblick auf thermische Beanspruchung durch Ströme von kurzer Dauer .....	94
Anhang C (informativ) Vorlage für durch den Anwender festzulegende Punkte .....	95
Anhang D (informativ) Bauartnachweis .....	99
Anhang E (informativ) Bemessungsbelastungsfaktor .....	100
E.1 Allgemeines .....	100
E.2 Bemessungsbelastungsfaktor einer Schaltgerätekombination.....	100
E.3 Bemessungsbelastungsfaktor einer Gruppe von Abgangsstromkreisen.....	100
E.4 Bemessungsbelastungsfaktor und Aussetzbetrieb.....	106
Anhang F (normativ) Messung von Kriechstrecken und Luftstrecken .....	108
F.1 Grundregeln .....	108
F.2 Anwendung von Rippen.....	108

	Seite
Anhang G (normativ) Zusammenhang zwischen der Nennspannung des Versorgungsnetzes und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit von Betriebsmitteln.....	113
Anhang H (informativ) Betriebsstrom und Verlustleistung von Kupferleitern .....	115
Anhang J (normativ) Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	117
J.1 Allgemeines .....	117
J.2 Begriffe .....	117
Anhang K (normativ) Schutz durch Schutztrennung .....	124
K.1 Allgemeines .....	124
K.2 Schutztrennung .....	124
K.2.1 Einspeisung .....	124
K.2.2 Auswahl und Installation der Einspeisung.....	124
K.2.3 Versorgung eines einzelnen Betriebsmittels .....	125
K.2.4 Versorgung von mehr als einem Betriebsmittel.....	125
K.3 Schutzklasse-II-Betriebsmittel oder gleichwertige Isolierung.....	126
Anhang L (informativ) Luft- und Kriechstrecken in der Region Nordamerika .....	127
Anhang M (informativ) Erwärmungsgrenzen in Nordamerika.....	128
Anhang N (normativ) Betriebsstrom und Verlustleistung von blanken Kupferschienen.....	129
Anhang O (informativ) Anleitung zum Nachweis der Erwärmung .....	131
O.1 Allgemeines .....	131
O.2 Erwärmungsgrenzen .....	131
O.3 Prüfung .....	132
O.3.1 Methode a) – Nachweis der vollständigen Schaltgerätekombination (10.10.2.3.5) .....	132
O.3.2 Methode b) – Nachweis unter separater Betrachtung individueller Funktionseinheiten sowie der kompletten Schaltgerätekombination (10.10.2.3.6) .....	133
O.3.3 Methode c) – Nachweis unter separater Betrachtung der einzelnen Elemente und der kompletten Schaltgerätekombination (10.10.2.3.7).....	133
O.4 Berechnung .....	133
O.4.1 Schaltgerätekombination mit einem einzigen Abteil und einem Bemessungsstrom nicht über 630 A .....	133
O.4.2 Schaltgerätekombination mit mehreren Abteilen und einem Bemessungsstrom nicht über 1 600 A .....	133
O.5 Konstruktionsregeln.....	134
Anhang P (normativ) Nachweis zur Ermittlung der Kurzschlussfestigkeit von Sammelschienenanordnungen durch Vergleich mit einer geprüften Referenzkonstruktion mittels Berechnung .....	136
P.1 Allgemeines .....	136
P.2 Begriffe .....	136
P.3 Nachweisverfahren.....	137
P.4 Anwendungsbedingungen .....	138
P.4.1 Allgemeines .....	138
P.4.2 Stoßkurzschlussstrom .....	138
P.4.3 Thermische Kurzschlussfestigkeit .....	138
P.4.4 Sammelschienenabstützung .....	138
P.4.5 Sammelschienenanschlüsse, Betriebsmittelanschlüsse.....	138
P.4.6 Winklige Sammelschienenanordnungen .....	138
P.4.7 Berechnung unter besonderer Berücksichtigung der Leiterschwingungen.....	139

# — Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

	Seite
Literaturhinweise .....	140
<b>Bilder</b>	
Bild E.1 – Typische Schaltgerätekombination.....	101
Bild E.2 – Beispiel 1: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgerätekombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8 .....	102
Bild E.3 – Beispiel 2: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgerätekombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8 .....	103
Bild E.4 – Beispiel 3: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgerätekombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8 .....	104
Bild E.5 – Beispiel 4: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgerätekombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8 .....	105
Bild E.6 – Beispiel für die Berechnung des Mittelwerts der Erwärmung.....	106
Bild E.7 – Beispielkurven für die Beziehung zwischen dem äquivalenten Bemessungsbelastungsfaktor und den Parametern bei Aussetzbetrieb mit $t_1 = 0,5$ s, $I_1 = 7 \cdot I_2$ bei unterschiedlichen Zykluszeiten .....	107
Bild E.8 – Beispielkurven für die Beziehung zwischen dem äquivalenten Bemessungsbelastungsfaktor und den Parametern bei Aussetzbetrieb mit $I_1 = I_2$ (kein Überstrom beim Start) .....	107
Bild F.1 – Messung von Rippen .....	108
Bild J.1 – Beispiele für Ports .....	117
Bild O.1 – Methoden zum Nachweis der Erwärmung .....	135
Bild P.1 – Geprüfte Sammelschienenanführung .....	136
Bild P.2 – Nicht typgeprüfte Sammelschienenanführung (NTS) .....	137
Bild P.3 – Winklige Sammelschienenanordnung mit Abstützungen an den Ecken .....	138
<b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Mindestluftstrecken (8.3.2) .....	86
Tabelle 2 – Mindestkriechstrecken (8.3.3) .....	86
Tabelle 3 – Querschnitte für Schutzleiter aus Kupfer (8.4.3.2.2) .....	87
Tabelle 4 – Leiterauswahl und Verlegebedingungen (8.6.4) .....	87
Tabelle 5 – Mindest-Anschlussvermögen für Schutzleiter aus Kupfer (PE, PEN) (8.8) .....	87
Tabelle 6 – Grenzübertemperaturen (9.2) .....	88
Tabelle 7 – Werte des Faktors $n$ (9.3.3) .....	89
Tabelle 8 – Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit für Hauptstromkreise (10.9.2) .....	89
Tabelle 9 – Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit für Hilfs- und Steuerstromkreise (10.9.2) .....	89
Tabelle 10 – Prüfstoßspannungen (10.9.3) .....	90
Tabelle 11 – Kupfer-Prüfleiter für Bemessungsströme bis einschließlich 400 A (10.10.2.3.2) .....	90
Tabelle 12 – Kupfer-Prüfleiter für Bemessungsströme von 400 A bis 4 000 A (10.10.2.3.2) .....	91
Tabelle 13 – Kurzschluss-Nachweis durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion: Checkliste (10.11.3 und 10.11.4) .....	92
Tabelle 14 – Zusammenhang zwischen unbeeinflusstem Fehlerstrom und dem Durchmesser des Kupferdrahts .....	92
Tabelle A.1 – Anschlussquerschnitte für von außen eingeführte Kupferleiter .....	93
Tabelle B.1 – Werte des Faktors $k$ für isolierte Schutzleiter, die nicht in Kabeln/Leitungen enthalten sind, oder für blanke Schutzleiter bei Berührung mit Kabelumhüllungen .....	94
Tabelle C.1 – Vorlage .....	95
Tabelle D.1 – Liste der durchzuführenden Bauartnachweise .....	99

	Seite
Tabelle E.1 – Beispiele für die Belastung einer Schaltgerätekombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8 .....	101
Tabelle E.2 – Beispiele für die Belastung einer Gruppe von Stromkreisen (Feld B – Bild E.1) bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,9 .....	105
Tabelle E.3 – Beispiele für die Belastung einer Gruppe von Stromkreisen (Unterverteilung – Bild E.1) bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,9.....	106
Tabelle F.1 – Kleinste Breite von Nuten .....	108
Tabelle G.1 – Zusammenhang zwischen Nennspannung der Stromversorgung und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit des Betriebsmittels bei Schutz durch Überspannungsschutzgeräten nach IEC 61643-1 .....	114
Tabelle H.1 – Betriebsstrom und Verlustleistung einadriger Kupferleitungen mit einer zulässigen Leiter-temperatur von 70 °C (Umgebungstemperatur innerhalb der Schaltgerätekombination: 55 °C).....	115
Tabelle H.2 – Reduktionsfaktor $k_1$ für Leitungen mit einer zulässigen Leitertemperatur von 70 °C (Auszug aus IEC 60364-5-52, Tabelle A.52-14) .....	116
Tabelle J.1 – Prüfungen der EMV-Störfestigkeit für Umgebung A .....	121
Tabelle J.2 – Prüfungen auf EMV-Störfestigkeit für Umgebung B .....	122
Tabelle J.3 – Anerkennungskriterien bei Vorliegen elektromagnetischer Störungen.....	123
Tabelle K.1 – Maximale Ausschaltzeit für TN-Systeme.....	126
Tabelle L.1 – Mindest-Luftstrecken.....	127
Tabelle L.2 – Mindest-Kriechstrecken .....	127
Tabelle M.1 – Erwärmungsgrenzen in Nordamerika .....	128
Tabelle N.1 – Betriebsstrom und Verlustleistung von blanken Kupferschienen mit rechteckigem Querschnitt, horizontal angeordnet, hochkant liegend, bei einer Frequenz von 50 Hz bis 60 Hz (Umgebungstemperatur innerhalb der Schaltgerätekombination: 55 °C, Leitertemperatur 70 °C).....	129
Tabelle N.2 – Faktor $k_4$ für andere Temperaturen der Luft innerhalb der Umhüllung und/oder für die Leiter .....	130

## Einleitung

Zweck dieser Norm ist weitest gehende Harmonisierung aller Regeln und Anforderungen allgemeiner Art für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen zum Erreichen einheitlicher Anforderungen und Nachweise für Schaltgerätekombinationen und um die Notwendigkeit von Nachweisen nach anderen Normen zu vermeiden. Alle Anforderungen der unterschiedlichen Schaltgerätekombinationen, die als allgemein angenommen werden, wurden deshalb in dieser grundlegenden Norm gemeinsam mit Themen von breitem Interesse und Anwendung, z. B. Erwärmung, Isolationseigenschaften usw. zusammengefasst.

Für jede Bauart einer Niederspannungs-Schaltgerätekombination werden nur zwei Hauptnormen benötigt, um alle Anforderungen und entsprechenden Nachweisverfahren zu ermitteln:

- diese Grundnorm, auf die als „Teil 1“ in den spezifischen Normen der verschiedenen Arten der Niederspannungs-Schaltgerätekombination Bezug genommen wird;
- die zutreffende Schaltgerätekombinationsnorm, auf die im Folgenden mit dem Hinweis „Jeweilige Schaltgerätekombinationsnorm“ Bezug genommen wird.

Um bei einer Schaltgerätekombinationsnorm eine allgemeine Regel anzuwenden, sollte in der Schaltgerätekombinationsnorm ausdrücklich durch die Angabe des entsprechenden Abschnitts dieser Norm mit der zusätzlichen Angabe „Teil 1“ Bezug genommen werden, z. B. „9.1.3 von Teil 1“.

Eine spezifische Schaltgerätekombinationsnorm muss eine allgemeine Regel nicht anwenden, wenn sie nicht anwendbar ist, oder sie darf Anforderungen ergänzen, wenn die allgemeinen Regeln im Einzelfall als unzureichend angesehen werden, aber sie darf davon nicht abweichen, außer es gibt hierfür in der spezifischen Schaltgerätekombinationsnorm eine wesentliche technische Begründung.

Anforderungen in dieser Norm, die Gegenstand einer Vereinbarung zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender sind, sind in Anhang C (informativ) zusammengefasst. Diese Aufstellung erleichtert auch die Bereitstellung von Informationen über grundlegende Bedingungen und zusätzliche Anwenderfestlegungen, um zweckmäßige Gestaltung, Anwendung und Gebrauch der Schaltgerätekombination zu ermöglichen.

Für die neuen restrukturierten Normen der Reihe IEC 61439 sind die folgenden Teile vorgesehen:

- a) IEC 61439-1 Allgemeine Anforderungen;
- b) IEC 61439-2 Energie-Schaltgerätekombinationen;
- c) IEC 61439-3 Installationsverteiler (wird IEC 60439-3 ersetzen);
- d) IEC 61439-4 Baustromverteiler (wird IEC 60439-4 ersetzen);
- e) IEC 61439-5 Kabelverteilerschränke (wird IEC 60439-5 ersetzen);
- f) IEC 61439-6 Schienenverteiler (wird IEC 60439-2 ersetzen).

Diese Auflistung ist nicht endgültig; weitere Teile dürfen bei Bedarf entwickelt werden.

## 1 Anwendungsbereich

ANMERKUNG 1 In dieser Norm wird der Begriff Schaltgerätekombination (siehe 3.1.1) für eine Niederspannungs-Schaltgerätekombination verwendet.

Dieser Teil der Reihe IEC 61439 legt die Begriffe fest und gibt die Betriebsbedingungen, Bauanforderungen, technischen Eigenschaften und Anforderungen für Nachweise für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen an.

Diese Norm kann nicht allein zum Festlegen einer Schaltgerätekombination oder zum Zweck der Feststellung der Konformität verwendet werden. Schaltgerätekombinationen müssen mit dem zutreffenden Teil der Reihe IEC 61439, ab Teil 2 aufwärts, übereinstimmen.

Diese Norm gilt nur, wenn es durch die jeweilige Schaltgerätekombinationsnorm gefordert wird, für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen:

- deren Bemessungsspannung 1 000 V bei Wechselspannung oder 1 500 V bei Gleichspannung nicht überschreitet;
- die ortsfeste oder ortsveränderbare Schaltgerätekombinationen mit oder ohne Umhüllung sind;
- die zur Verwendung bei der Erzeugung, Übertragung, Verteilung und Umformung elektrischer Energie und für die Steuerung von Betriebsmitteln, die elektrische Energie verbrauchen, vorgesehen sind;
- die für den Einsatz unter besonderen Betriebsbedingungen bestimmt sind, z. B. auf Schiffen und Schienenfahrzeugen, unter der Voraussetzung, dass die für diese Zwecke geltenden zusätzlichen Anforderungen erfüllt sind;

ANMERKUNG 2 Zusätzliche Anforderungen für Schaltgerätekombinationen auf Schiffen sind in IEC 60092-302 festgelegt.

- die für die elektrische Ausrüstung von Maschinen bestimmt sind. Ergänzende Anforderungen für Schaltgerätekombinationen, die Bestandteil einer Maschine sind, sind in den Normen der Reihe IEC 60204 festgelegt.

Diese Norm gilt für alle Schaltgerätekombinationen, unabhängig davon, ob sie als Einzelstück konstruiert, hergestellt und nachgewiesen oder als Serienprodukt in größeren Stückzahlen hergestellt werden.

Die Herstellung und/oder der Zusammenbau darf von anderen als dem ursprünglichen Hersteller vorgenommen werden (siehe 3.10.1).

Diese Norm gilt nicht für einzelne Betriebsmittel und für sich allein verwendbare Baugruppen, wie z. B. Motorstarter, Sicherungslastschalter, elektronische Baugruppen, die mit den zutreffenden Produktnormen übereinstimmen müssen.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 60038:1983, *IEC standard voltages*

IEC 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests. Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-11:1981, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test Ka: Salt mist*

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db and guidance: Damp heat, cyclic (12 + 12-hour cycle)*

## — Entwurf —

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

IEC 60073:2002, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indicators and actuators*

IEC 60085:2007, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60099-1:1991, *Surge arresters – Part 1: Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems*

IEC 60204 (alle Teile), *Safety of machinery – Electrical equipment of machines*

IEC 60216 (alle Teile), *Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance*

IEC 60228:2004, *Conductors of insulated cables*

IEC 60364 (alle Teile), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60364-4-44: 2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60364-5-52:2001, *Low-voltage electrical installations – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems*

IEC 60364-5-53:2001, *Low-voltage electrical installations – Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment – Isolation, switching and control*

IEC 60364-5-54:2002, *Low-voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60445:2006, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and of conductor terminations*

IEC 60446:2007, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of conductors by colours or alphanumeric*

IEC 60447:2004, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Actuating principles*

IEC 60529:2001, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60695-2-10:2000, *Fire Hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 60695-11-5:2004, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*

IEC 60865-1:1993, *Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 1: Definitions and calculation methods*

IEC 60890:1987, *A method of temperature-rise assessment by extrapolation for partially type-tested assemblies (PTTA) of low-voltage switchgear and controlgear*

IEC 60947-1:2004, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

- IEC 61000-3-2:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16$  A per phase)*
- IEC/TR 61000-3-6:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-6: Limits – Assessment of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power systems*
- IEC/TR 61000-3-7:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-7: Limits – Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems*
- IEC 61000-4-2:2001, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test – Basic EMC publication*
- IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio frequency, electromagnetic field immunity test – Basic EMC publication*
- IEC 61000-4-4:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Section 4: Electrical test transient/burst immunity test – Basic EMC publication*
- IEC 61000-4-5: 2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test – Basic EMC publication*
- IEC 61000-4-6:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields – Basic EMC publication*
- IEC 61000-4-8:2001, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test – Basic EMC publication*
- IEC 61000-4-11:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variation immunity tests – Basic EMC publication*
- IEC 61000-4-13:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low-frequency immunity tests – Basic EMC publication*
- IEC 61000-6-4:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*
- IEC 61082 (alle Teile), *Preparation of documents used in electrotechnology*
- IEC/TR 61117:1992, *A method for assessing the short-circuit withstand strength of partially type-tested assemblies (PTTA)*
- IEC 61180 (alle Teile), *High-voltage test techniques for low voltage equipment*
- IEC 61201:2007, *Use of conventional touch voltage limits – Application guide*
- IEC 61346-1:1996, *Industrial systems, installation and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 1: Basic rules*
- IEC 61346-2, *Industrial systems, installation and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations – Part 2: Classification of objects and codes for classes*
- IEC 61643-1, *Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Requirements and tests*
- IEC 62208, *Empty enclosures for low-voltage switchgear and controlgear assemblies – General requirements*
- IEC 62262:2002, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

ISO 178:2001, *Plastics – Determination of flexural properties*

ISO 179 (alle Teile), *Plastics – Determination of Charpy impact properties*

ISO 2409: 1992, *Paints and varnishes – Cross-cut test*

ISO 4628-3:2003, *Paints and varnishes – Evaluation of degradation of coatings; Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance – Part 3: Assessment of degree of rusting*

ISO 4892-2:1994, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 2: Xenon-arc sources*

CISPR 11:2004, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

CISPR 22:2006, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

#### 3.1 Allgemeine Begriffe

##### 3.1.1

##### **Niederspannungs-Schaltgerätekombination (Schaltgerätekombination)**

(en: low-voltage switchgear and controlgear assembly (ASSEMBLY))

(fr: ensemble d'appareillage à basse tension (ENSEMBLE))

Zusammenfassung eines oder mehrerer Niederspannungsschaltgeräte mit zugehörigen Betriebsmitteln zum Steuern, Messen, Melden, Schützen und Regeln, mit allen inneren elektrischen und mechanischen Verbindungen und Konstruktionsteilen

##### 3.1.2

##### **Schaltgerätekombinationssystem**

(en: ASSEMBLY system)

(fr: système ENSEMBLE)

komplettes Angebot mechanischer und elektrischer Komponenten (Umhüllungen, Sammelschienen, Funktionseinheiten usw.) nach Definition des ursprünglichen Herstellers, die in Übereinstimmung mit den Anleitungen des ursprünglichen Herstellers zu unterschiedlichen Schaltgerätekombinationen zusammengebaut werden können

##### 3.1.3

##### **Hauptstromkreis (einer Schaltgerätekombination)**

(en: main circuit (of an ASSEMBLY))

(fr: circuit principal (d'un ENSEMBLE))

alle leitfähigen Teile einer Schaltgerätekombination in einem Stromkreis, der elektrische Leistung übertragen soll

[IEV 441-13-02:2007]

##### 3.1.4

##### **Hilfsstromkreis (einer Schaltgerätekombination)**

(en: auxiliary circuit (of an ASSEMBLY))

(fr: circuit auxiliaire (d'un ENSEMBLE))

alle leitfähigen Teile einer Schaltgerätekombination in einem Stromkreis (nicht Hauptstromkreis) für Steuerung, Messung, Meldung, Regelung, zur Datenverarbeitung usw.

ANMERKUNG Die Hilfsstromkreise einer Schaltgerätekombination umfassen die Steuer- und Hilfsstromkreise der Schaltgeräte.

[IEV 441-13-03:2007, modifiziert]

### 3.1.5

#### **Sammelschiene**

(en: busbar)

(fr: jeu de barres)

Leiter mit geringer Impedanz, an den mehrere elektrische Stromkreise unabhängig voneinander angeschlossen werden können

ANMERKUNG Der Begriff Sammelschiene besagt nichts über die geometrische Form, Größe oder Abmessung des Leiters.

### 3.1.6

#### **Hauptsammelschiene**

(en: main busbar)

(fr: jeu de barres principal)

Sammelschiene, an die eine oder mehrere Verteilschienen und/oder Einspeisungen und Abgangseinheiten angeschlossen werden können

### 3.1.7

#### **Verteilschiene**

(en: distribution busbar)

(fr: jeu de barres de distribution)

Sammelschiene innerhalb eines Felds, die mit einer Hauptsammelschiene verbunden ist und von der Abgangseinheiten eingespeist werden

ANMERKUNG Leiter, die zwischen einer Funktionseinheit und einer Sammelschiene angeschlossen sind, werden nicht als Teil der Verteilschiene betrachtet.

### 3.1.8

#### **Funktionseinheit**

(en: functional unit)

(fr: unité fonctionnelle)

Teil einer Schaltgerätekombination, der alle elektrischen und mechanischen Bauteile umfasst, die zur Erfüllung der gleichen Funktion beitragen

ANMERKUNG Leiter, die mit einer Funktionseinheit verbunden sind, die sich aber außerhalb des Abteils oder des durch Umhüllung geschützten Raums befinden (z. B. Leitungen von Hilfsstromkreisen angeschlossen an einem gemeinsamen Abteil), werden nicht als Teil der Funktionseinheit betrachtet.

### 3.1.9

#### **Einspeisung**

(en: incoming unit)

(fr: unité d'arrivée)

Funktionseinheit, die üblicherweise für die Zufuhr elektrischer Energie in die Schaltgerätekombination bestimmt ist

### 3.1.10

#### **Abgang**

(en: outgoing unit)

(fr: unité de départ)

Funktionseinheit, die üblicherweise für die Abgabe elektrischer Energie an einen oder mehrere äußere Stromkreise bestimmt ist

ANMERKUNG In IEC 61439-6 wird ein Abgang als Abgangskasten bezeichnet.

### 3.1.11

#### **Kurzschlusschutzeinrichtung (SCPD)**

(en: short-circuit protective device (SCPD))

(fr: dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC))

Gerät, das einen Stromkreis oder Teile eines Stromkreises vor einem Kurzschlussstrom durch Ausschalten des Kurzschlussstroms schützt

[IEC 60947-1:2007, 2.2.21]

## 3.2 Baueinheiten von Schaltgerätekombinationen

### 3.2.1

#### **Einsatz**

(en: fixed part)

(fr: partie fixe)

Baugruppe bestehend aus Betriebsmitteln, die auf einer gemeinsamen Tragkonstruktion für festen Einbau zusammengebaut und verdrahtet sind

### 3.2.2

#### **herausnehmbares Teil**

(en: removable part)

(fr: partie amovible)

Baugruppe bestehend aus Betriebsmitteln, die auf einer gemeinsamen Tragkonstruktion zusammengebaut und verdrahtet sind und die als Ganzes von der Schaltgerätekombination entfernt und ausgetauscht werden darf, auch wenn der Stromkreis, an den es angeschlossen ist, unter Spannung steht

### 3.2.3

#### **Betriebsstellung**

(en: connected position)

(fr: position raccordée)

Stellung eines herausnehmbaren Teils, in der dieses für die vorgesehene Funktion voll angeschlossen ist

### 3.2.4

#### **Absetzstellung**

(en: removed position)

(fr: position retirée)

Stellung eines herausnehmbaren Teils, wenn dieses sich außerhalb der Schaltgerätekombination befindet und mechanisch und elektrisch von dieser gelöst ist

### 3.2.5

#### **Codiereinrichtung**

(en: insertion interlock)

(fr: verrouillage d'insertion)

Einrichtung, die verhindert, dass ein herausnehmbares Teil an einem Platz eingesetzt wird, der nicht für dieses herausnehmbare Teil vorgesehen ist

### 3.2.6

#### **feste Verbindung**

(en: fixed connection)

(fr: connexion fixe)

Verbindung, die durch ein Werkzeug hergestellt oder gelöst wird

### 3.2.7

#### **Feld**

(en: section)

(fr: colonne)

Baueinheit einer Schaltgerätekombination zwischen zwei aufeinander folgenden vertikalen Begrenzungsebenen

### 3.2.8

#### **Fach**

(en: sub-section)

(fr: élément de colonne)

Baueinheit einer Schaltgerätekombination zwischen zwei aufeinanderfolgenden horizontalen oder vertikalen Begrenzungsebenen innerhalb eines Felds

### 3.2.9

#### **Abteil**

(en: compartment)  
(fr: compartiment)

Feld oder Fach, das mit Ausnahme der für das Anschließen, die Steuerung oder die Belüftung notwendigen Öffnungen umschlossen ist

### 3.2.10

#### **Transporteinheit**

(en: transport unit)  
(fr: unité de transport)

Teil einer Schaltgerätekombination oder eine vollständige Schaltgerätekombination, die für den Transport nicht weiter zerlegt wird

### 3.2.11

#### **Verschlusschieber**

(en: shutter)  
(fr: volet)

Teil, das bewegt werden kann zwischen

- einer Stellung, in der es die Verbindung der Trennkontakte eines herausnehmbaren Teils mit den feststehenden Kontakten zulässt; und
- einer Stellung, in der es als Teil einer Schutzabdeckung oder Trennwand die feststehenden Kontakte abdeckt

[IEV 441-13-07:1984, modifiziert]

## 3.3 Äußere Bauformen von Schaltgerätekombinationen

### 3.3.1

#### **offene Bauform**

(en: open-type ASSEMBLY)  
(fr: ENSEMBLE ouvert)

Schaltgerätekombination, bei der die elektrischen Betriebsmittel in einer Tragkonstruktion so angeordnet sind, dass ihre aktiven Teile zugänglich sind

### 3.3.2

#### **Tafelbauform**

(en: dead-front ASSEMBLY)  
(fr: ENSEMBLE ouvert à protection frontale)

offene Bauform mit einer Bedienungsfront, deren aktive Teile von anderen Richtungen als von vorn zugänglich sein dürfen

### 3.3.3

#### **geschlossene Bauform**

(en: enclosed ASSEMBLY)  
(fr: ENSEMBLE sous enveloppe)

Schaltgerätekombination, die allseitig – gegebenenfalls mit Ausnahme der Befestigungsfläche – so umhüllt ist, dass ein festgelegter Schutzgrad erreicht wird

### 3.3.4

#### **Schrankbauform**

(en: cubicle-type ASSEMBLY)  
(fr: ENSEMBLE en armoire)

geschlossene Bauform einer Schaltgerätekombination zur Aufstellung auf dem Boden, die mehrere Felder, Fächer oder Abteile umfassen darf

### 3.3.5

#### **Mehrfach-Schrankbauform**

(en: multi-cubicle-type ASSEMBLY)

(fr: ENSEMBLE en armoires multiples)

Kombination mehrerer mechanisch verbundener Schaltgerätekombinationen in Schrankbauform

### 3.3.6

#### **Pultbauform**

(en: desk-type ASSEMBLY)

(fr: ENSEMBLE en pupitre)

geschlossene Bauform einer Schaltgerätekombination mit waagrecht oder geneigter Bedienungsfläche oder einer Kombination aus beiden, in der Betätigungs-, Mess-, Meldegeräte usw. untergebracht sind

### 3.3.7

#### **Kastenbauform**

(en: box-type ASSEMBLY)

(fr: ENSEMBLE en coffret)

geschlossene Bauform einer Schaltgerätekombination zum Anbau an einer vertikalen Fläche

### 3.3.8

#### **Mehrfachkastenbauform**

(en: multi-box-type ASSEMBLY)

(fr: ENSEMBLE en coffrets multiples)

Kombination von mechanisch miteinander verbundenen Kästen mit oder ohne gemeinsames Traggestell, bei der die elektrischen Verbindungen zwischen benachbarten Kästen durch Öffnungen in den gemeinsamen Berührungsflächen hindurchgeführt werden

### 3.3.9

#### **Schaltgerätekombination für Wandbefestigung**

(en: wall-mounted surface type ASSEMBLY)

(fr: EMSEMBLE pour fixation en saillie sur mur)

Schaltgerätekombination zur Befestigung auf der Oberfläche einer Wand

### 3.3.10

#### **Schaltgerätekombination für Wandeinbau**

(en: wall-mounted recessed type ASSEMBLY)

(fr: EMSEMBLE à encastrer dans un mur)

Schaltgerätekombination zum Einbau in eine Wandnische, in der die Umhüllung nicht zur Unterstützung des Wandabschnitts oberhalb der Schaltgerätekombination dient

## 3.4 Konstruktionsteile von Schaltgerätekombinationen

### 3.4.1

#### **Gerüst**

(en: supporting structure)

(fr: châssis)

Bestandteil einer Schaltgerätekombination, der dafür bestimmt ist, verschiedene Bauteile der Schaltgerätekombination und eine Umhüllung zu tragen

### 3.4.2

#### **Traggestell**

(en: mounting structure)

(fr: charpente)

Teil, das nicht Bestandteil der Schaltgerätekombination ist, das dafür bestimmt ist, eine Schaltgerätekombination zu tragen

#### 3.4.3

##### **Einbauplatte**

(en: mounting plate)

(fr: plaque de montage)

Platte, die zur Aufnahme verschiedener Bauteile für den Einbau in eine Schaltgerätekombination bestimmt ist

#### 3.4.4

##### **Einbaurahmen**

(en: mounting frame)

(fr: cadre)

Rahmenkonstruktion, die zur Aufnahme verschiedener Bauteile für den Einbau in eine Schaltgerätekombination bestimmt ist

#### 3.4.5

##### **Umhüllung**

(en: enclosure)

(fr: enveloppe)

Gehäuse, das die für die vorgesehene Anwendung geeignete Art und den geeigneten Schutzgrad bietet

[IEV 195-02-35:1998]

#### 3.4.6

##### **Verkleidung**

(en: cover)

(fr: panneau)

äußerer Teil der Umhüllung einer Schaltgerätekombination

#### 3.4.7

##### **Tür**

(en: door)

(fr: porte)

schwenkbare oder verschiebbare Verkleidung

#### 3.4.8

##### **Deckel**

(en: removable cover)

(fr: panneau amovible)

Verkleidung zum Schließen einer Öffnung in der äußeren Umhüllung, die zu Bedienungs- und Wartungszwecken abgenommen werden kann

#### 3.4.9

##### **Abschlussplatte**

(en: cover plate)

(fr: plaque de fermeture)

Teil einer Schaltgerätekombination zum Schließen einer Öffnung in der äußeren Umhüllung, das mit Schrauben oder ähnlichen Mitteln befestigt ist

ANMERKUNG 1 Es wird üblicherweise nach Inbetriebnahme der Schaltgerätekombination nicht wieder abgenommen.

ANMERKUNG 2 Die Abschlussplatte kann mit Kabel-/Leitungseinführungen versehen sein.

#### 3.4.10

##### **Trennwand**

(en: partition)

(fr: cloison)

Teil der Umhüllung eines Abteils, das es von anderen Abteilen trennt

#### 3.4.11

##### **Abdeckung**

(en: barrier)  
(fr: barrière)

Teil, durch das Schutz gegen direktes Berühren in allen üblichen Zugangs- oder Zugriffsrichtungen gewährt wird

[IEV 195-06-15:1998, modifiziert]

#### 3.4.12

##### **Hindernis**

(en: obstacle)  
(fr: obstacle)

Teil, das ein unbeabsichtigtes direktes Berühren, nicht aber direktes Berühren durch eine beabsichtigte Handlung verhindert

[IEV 195-06-16:1998, modifiziert]

ANMERKUNG Hindernisse sollen das unbeabsichtigte direkte Berühren aktiver Teile verhindern aber nicht das beabsichtigte direkte Berühren bei bewusstem Umgehen des Hindernisses. Sie dienen zum Schutz von Fachkräften oder unterwiesenen Personen aber nicht zum Schutz von Laien.

#### 3.4.13

##### **Anschlussabdeckung**

(en: terminal shield)  
(fr: écran de bornes)

Teil, das Anschlüsse umhüllt und einen festgelegten Schutzgrad gegen den Zugang von Personen und Gegenständen zu aktiven Teilen bietet

#### 3.4.14

##### **Kabel-/Leitungseinführung**

(en: cable entry)  
(fr: entrée de câbles)

Teil mit Öffnungen für das Einführen von Kabeln/Leitungen in die Schaltgerätekombination

#### 3.4.15

##### **durch Umhüllung geschützter Raum**

(en: enclosed protected space)  
(fr: espace protégé clos)

Teil einer Schaltgerätekombination, der dafür bestimmt ist, elektrische Betriebsmittel zu umhüllen, und der einen festgelegten Schutz gegen äußere Einflüsse und gegen Berühren aktiver Teile bietet

### 3.5 Aufstellungsbedingungen von Schaltgerätekombinationen

#### 3.5.1

##### **Schaltgerätekombination für Innenraumaufstellung**

(en: ASSEMBLY for indoor installation)  
(fr: ENSEMBLE pour installation à l'intérieur)

Schaltgerätekombination für die Verwendung an Standorten, an denen die üblichen Betriebsbedingungen für Innenraumaufstellung nach 7.1 eingehalten werden

#### 3.5.2

##### **Schaltgerätekombination für Freiluftaufstellung**

(en: ASSEMBLY for outdoor installation)  
(fr: ENSEMBLE pour installation à l'extérieur)

Schaltgerätekombination für die Verwendung an Standorten, an denen die üblichen Betriebsbedingungen für Freiluft nach 7.1 eingehalten werden

### 3.5.3

#### **ortsfeste Schaltgerätekombination**

(en: stationary ASSEMBLY)

(fr: ENSEMBLE fixe)

Schaltgerätekombination, die am Aufstellungsort, z. B. auf dem Boden oder an einer Wand, dauerhaft befestigt und betrieben wird

### 3.5.4

#### **ortsveränderbare Schaltgerätekombination**

(en: movable ASSEMBLY)

(fr: ENSEMBLE mobile)

Schaltgerätekombination, die auf einfache Weise von einem Einsatzort an einen anderen bewegt werden kann

## 3.6 Isolationseigenschaften

### 3.6.1

#### **Luftstrecke**

(en: clearance)

(fr: distance d'isolement)

Abstand zwischen zwei leitfähigen Teilen längs eines Fadens, der auf dem kürzesten Weg zwischen diesen Teilen gespannt ist

[IEV 441-17-31:2007]

### 3.6.2

#### **Kriechstrecke**

(en: creepage distance)

(fr: ligne de fuite)

kürzester Abstand zwischen zwei leitfähigen Teilen längs einer Isolierstoffoberfläche

[IEV 151-15-50:2001]

ANMERKUNG Eine Fuge zwischen zwei Isolierstoffteilen wird als Teil der Isolierstoffoberfläche angesehen.

### 3.6.3

#### **Überspannungen**

(en: overvoltage)

(fr: surtension)

jede Spannung mit einem Scheitelwert, der den entsprechenden Scheitelwert der höchsten Dauerspannung bei normalen Betriebsbedingungen überschreitet

[Begriff 3.7 von IEC 60664-1:2007]

### 3.6.4

#### **zeitweilige Überspannung**

(en: temporary overvoltage)

(fr: surtension temporaire)

Überspannung mit Netzfrequenz von verhältnismäßig langer Dauer (mehrere Sekunden)

[Begriff 3.7.1 von IEC 60664-1:2007, modifiziert]

### 3.6.5

#### **transiente Überspannung**

(en: transient overvoltage)

(fr: surtension transitoire)

kurzzeitige Überspannung von einigen Millisekunden Dauer oder weniger, schwingend oder nicht schwingend, in der Regel stark gedämpft

[IEV 604-03-13:1987]

### 3.6.6

#### **Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit**

(en: power-frequency withstand voltage)

(fr: tension de tenue à fréquence industrielle)

Effektivwert einer betriebsfrequenten Sinusspannung, die unter festgelegten Prüfbedingungen keinen Durchschlag/Überschlag verursacht

[IEC 60947-1:2007, Begriff 2.5.56]

ANMERKUNG Die betriebsfrequente Spannungsfestigkeit entspricht der kurzzeitigen zeitweiligen Überspannung in IEC 60664-1.

### 3.6.7

#### **Stoßspannungsfestigkeit**

(en: impulse withstand voltage)

(fr: tension de tenue aux chocs)

höchster Wert der Stoßspannung von festgelegter Form und Polarität, die unter festgelegten Bedingungen zu keinem Durchschlag oder Überschlag der Isolierung führt

[IEC 60664-1:2007, Begriff 3.8.1]

### 3.6.8

#### **Verschmutzung**

(en: pollution)

(fr: pollution)

jede Ablagerung fester, flüssiger oder gasförmiger Fremdstoffe, die die Isolationsfestigkeit oder den Oberflächenwiderstand der Isolierung verringern kann

[IEC 60664-1:2007, modifiziert, Begriff 3.1.1]

### 3.6.9

#### **Verschmutzungsgrad (der Umgebung)**

(en: pollution degree (of environmental conditions))

(fr: degré de pollution (des conditions d'environnement))

konventionelle Kennzahl, abhängig von der Menge an leitfähigem oder feuchtigkeitsaufnehmendem Staub, ionisiertem Gas oder Salz sowie der relativen Luftfeuchte und der Häufigkeit ihres Auftretens, die zur Aufnahme oder Kondensation von Feuchtigkeit führt, mit der Folge der Verringerung der Spannungsfestigkeit und/oder des Oberflächenwiderstands

ANMERKUNG 1 Der Verschmutzungsgrad, dem die Isolierstoffe von Betriebsmitteln ausgesetzt sind, kann sich von den Umgebungsbedingungen im Raum, in dem die Betriebsmittel eingesetzt sind, unterscheiden, weil aufgrund des Schutzes durch eine Umhüllung oder durch eine Heizung im Inneren die Aufnahme oder Kondensation von Feuchtigkeit verhindert wird.

ANMERKUNG 2 In dieser Norm ist der Verschmutzungsgrad derjenige der Mikroumgebung.

[IEC 60947-1:2007, Begriff 2.5.58]

### 3.6.10

#### **Mikroumgebung (einer Luft- oder Kriechstrecke)**

(en: micro-environment (of a clearance or creepage distance))

(fr: micro-environnement (d'une distance d'isolement ou d'une ligne de fuite))

Festlegungen über unmittelbare Umgebungsbedingungen der Luft- und Kriechstrecken sind in Vorbereitung

ANMERKUNG Die Mikroumgebung der Luft- und Kriechstrecken und nicht die Umgebung der Schaltgerätekombination oder der Betriebsmittel bestimmt die Auswirkungen auf die Isolierung. Die Mikroumgebung kann besser oder schlechter als die Umgebung der Schaltgerätekombination oder der Betriebsmittel sein. Sie umfasst alle die Isolierung beeinflussenden Faktoren wie Klima, Elektromagnetismus, Entstehung von Verschmutzung usw.

[IEC 60947-1:2007, modifiziert, Begriff 2.5.59]

### 3.6.11

#### **Überspannungskategorie (eines Stromkreises oder in einem elektrischen System)**

(en: overvoltage category (of a circuit or within an electrical system))

(fr: catégorie de surtension (d'un circuit ou dans un réseau))

eine konventionelle Kennzahl, die von der Begrenzung (oder Steuerung) der Höhe der unbeeinflussten transienten Überspannung, die in einem Stromkreis (oder in einem elektrischen System mit unterschiedlichen Nennspannungen) auftritt, und von den Einrichtungen, die diese Überspannung beeinflussen, abhängt

ANMERKUNG In einem elektrischen System wird der Übergang von einer Überspannungskategorie auf eine niedrigere durch geeignete Mittel, die den Anforderungen an die Schnittstelle entsprechen, erreicht, wie z. B. Überspannungsableiter oder Netzfilter, die die Energie der Überspannung sperren, aufnehmen oder ableiten, um die transiente Überspannung auf die geforderte niedrigere Kategorie zu vermindern.

[IEC 60947-1:2007, Begriff 2.5.60]

### 3.6.12

#### **Überspannungsableiter (SPD)**

(en: surge arrester; surge protective device (SPD))

(fr: parafoudre)

Gerät zum Schutz elektrischer Geräte gegen hohe transiente Überspannungen und zur Begrenzung der Dauer und oft auch der Amplitude des Netzfolgestroms

[IEC 60947-1:2007, Begriff 2.2.22]

### 3.6.13

#### **Isolationskoordination**

(en: insulation co-ordination)

(fr: coordination de l'isolement)

Wechselbeziehung zwischen den Isolationsmerkmalen elektrischer Betriebsmittel, den erwarteten Überspannungen und den Eigenschaften von Überspannungs-Schutzeinrichtungen einerseits und der erwarteten Mikroumgebung sowie Maßnahmen gegen Verschmutzung andererseits

[IEC 60947-1:2007, modifiziert, Begriff 2.5.61]

### 3.6.14

#### **homogenes (gleichmäßiges) Feld**

(en: homogeneous (uniform) field)

(fr: champ homogène (uniforme))

elektrisches Feld mit im Wesentlichen konstanten Potentialgradienten zwischen den Elektroden, entsprechend dem Feld zwischen zwei Kugeln, deren Radius größer ist als ihr Abstand voneinander

[IEC 60947-1:2007, Begriff 2.5.62]

### 3.6.15

#### **inhomogenes (ungleichmäßiges) Feld**

(en: inhomogeneous (non-uniform) field)

(fr: champ non homogène (non uniforme))

elektrisches Feld, das keinen im Wesentlichen konstanten Potentialgradienten zwischen den Elektroden hat

[IEC 60947-1:2007, Begriff 2.5.63]

### 3.6.16

#### **Kriechwegbildung**

(en: tracking)

(fr: cheminement)

fortschreitende Ausbildung einer leitenden Verbindung an der Oberfläche fester Isolierstoffe unter Spannungsbeanspruchung bei elektrolytischer Verschmutzung

[IEC 60947-1:2007, Begriff 2.5.64]

### 3.6.17

#### Vergleichszahl der Kriechwegbildung

##### CTI

(en: comparative tracking index (CTI))

(fr: indice de résistance au cheminement (IRC))

Zahlenwert der höchsten Spannung in Volt, bei der ein Werkstoff 50 Tropfen einer festgelegten Prüfflüssigkeit ohne Kriechwegbildung widersteht

ANMERKUNG Der Wert jeder Prüfspannung und der CTI sollte durch 25 teilbar sein.

[IEC 60947-1:2007, modifiziert, Begriff 2.5.65]

### 3.6.18

#### Durchschlag

(en: disruptive discharge)

(fr: décharge disruptive)

Phänomen in Verbindung mit einem Fehler der Isolierung unter elektrischer Belastung, bei dem die Entladung die zu prüfende Isolierung vollständig überbrückt und die Spannung zwischen den Elektroden auf Null oder nahezu Null reduziert

ANMERKUNG 1 Ein Durchschlag durch feste Isolierung erzeugt einen dauerhaften Verlust der Isolationsfestigkeit; in flüssiger oder gasförmiger Isolierung kann der Verlust vorübergehend sein.

ANMERKUNG 2 Der Begriff „Gas-/Flüssigkeitsdurchschlag“ (sparkover) wird verwendet, wenn der Durchschlag in einem gasförmigen oder in einem flüssigen Isoliermittel erfolgt.

ANMERKUNG 3 Der Begriff „Überschlag“ (flashover) wird verwendet, wenn der Durchschlag über die Oberfläche eines Dielektrikums in einem gasförmigen oder flüssigen Isoliermittel erfolgt.

ANMERKUNG 4 Der Begriff „Feststoffdurchschlag“ (puncture) wird verwendet, wenn der Durchschlag durch einen festen Isolierstoff erfolgt.

## 3.7 Schutz gegen elektrischen Schlag

### 3.7.1

#### aktives Teil

(en: live part)

(fr: partie active)

Leiter oder leitfähiges Teil, der/das dazu vorgesehen ist, bei bestimmungsgemäßem Betrieb unter Spannung zu stehen, einschließlich eines Neutralleiters, vereinbarungsgemäß jedoch nicht eines PEN-Leiters

ANMERKUNG Dieser Begriff besagt nicht unbedingt, dass das Risiko eines elektrischen Schlags besteht.

[IEV 195-02-19:1998]

### 3.7.2

#### gefährliches aktives Teil

(en: hazardous live part)

(fr: partie active dangereuse)

aktives Teil, von dem unter bestimmten Bedingungen ein schädlicher elektrischer Schlag ausgehen kann

[IEV 195-06-05:1998]

### 3.7.3

#### Körper (einer Schaltgerätekombination)

(en: exposed conductive part)

(fr: masse)

berührbares leitfähiges Teil einer Schaltgerätekombination, das üblicherweise nicht unter Spannung steht, jedoch im Fehlerfall zu einem gefährlichen aktiven Teil werden kann

[IEV 826-12-10:2007, modifiziert]

### 3.7.4

#### **Schutzleiter**

##### **(Kennzeichnung: PE)**

(en: protective conductor (identification: PE))

(fr: conducteur de protection (identification: PE))

Leiter zum Zweck der Sicherheit, zum Beispiel zum Schutz gegen elektrischen Schlag

[IEV 826-13-22:2007]

ANMERKUNG Zum Beispiel kann der Schutzleiter die folgenden Teile elektrisch verbinden:

- Körper (eines elektrischen Betriebsmittels);
- fremde leitfähige Teile;
- Haupterdungsanschluss;
- Erder;
- geerdeter Punkt der Stromquelle oder künstlicher Sternpunkt.

### 3.7.5

#### **Neutralleiter**

##### **N**

(en: neutral conductor (N))

(fr: conducteur neutre (N))

Leiter, der mit dem Sternpunkt bzw. Mittelpunkt elektrisch verbunden und in der Lage ist, zur Verteilung elektrischer Energie beizutragen

[IEV 195-02-06:1998, modifiziert]

### 3.7.6

#### **PEN-Leiter**

(en: PEN conductor)

(fr: conducteur PEN)

Leiter, der zugleich die Funktionen eines Schutzleiters und eines Neutralleiters erfüllt

[IEV 195-02-12:1998]

### 3.7.7

#### **Fehlerstrom**

(en: fault current)

(fr: courant de défaut)

Strom, der durch einen Isolationsfehler, durch Überbrückung der Isolierung oder fehlerhaften Anschluss an einen elektrischen Stromkreis zum Fließen kommt

### 3.7.8

#### **Basisschutz**

(en: basic protection)

(fr: Protection principale)

Schutz gegen elektrischen Schlag, wenn keine Fehlzustände vorliegen

[IEV 195-06-01:1998]

ANMERKUNG Basisschutz dient zum Verhindern des Berührens aktiver Teile und entspricht im Allgemeinen dem Schutz gegen direktes Berühren

### 3.7.9

#### **Basisisolierung**

(en: basic insulation)

(fr: isolation principale)

Isolierung von gefährlichen aktiven Teilen als Basisschutz

[IEV 195-06-06:1998]

ANMERKUNG Dieses Konzept gilt nicht für eine Isolierung, die ausschließlich Funktionszwecken dient.

### 3.7.10

#### **Fehlerschutz**

(en: fault protection)

(fr: protection en cas de défaut)

Schutz gegen elektrischen Schlag unter den Bedingungen eines Einzelfehlers (z. B. Fehler der Basisisolierung)

[IEV 195-06-02, Änderung 1:2001, modifiziert]

ANMERKUNG Fehlerschutz entspricht im Allgemeinen dem Schutz gegen indirektes Berühren, hauptsächlich bezogen auf Fehler der Basisisolierung.

### 3.7.11

#### **Kleinspannung (ELV)**

(en: extra-low voltage (ELV))

(fr: très basse tension (abréviation TBT))

jede Spannung, die nicht die in IEC 61201 festgelegten Spannungsgrenzwerte überschreitet

### 3.7.12

#### **Elektrofachkraft**

(en: skilled person)

(fr: personne qualifiée)

Person, die aufgrund ihrer Ausbildung und Erfahrung befähigt ist, Risiken zu erkennen und mögliche Gefährdungen durch Elektrizität zu vermeiden

[IEV 826-18-01:2007]

### 3.7.13

#### **elektrotechnisch unterwiesene Person**

(en: instructed person)

(fr: personne avertie)

Person, die durch Elektrofachkräfte ausreichend informiert oder überwacht und damit befähigt ist, Risiken zu erkennen und Gefährdungen durch Elektrizität zu vermeiden

[IEV 826-18-02:2007]

### 3.7.14

#### **Laie<sup>N1)</sup>**

(en: ordinary person)

(fr: personne ordinaire)

Person, die weder eine Elektrofachkraft noch eine elektrotechnisch unterwiesene Person ist

[IEV 826-18-03:2007]

### 3.7.15

#### **befugte Person**

(en: authorized person)

(fr: personne autorisée)

Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person, die bevollmächtigt ist, festgelegte Arbeiten durchzuführen

---

<sup>N1)</sup> Nationale Fußnote: Hier handelt es sich um einen Laien in Hinblick auf die Elektrotechnik.

### 3.8 Merkmale

#### 3.8.1

##### **Nennwert**

(en: nominal value)

(fr: valeur nominale)

Wert einer Größe zur Bezeichnung oder Identifizierung eines Bauteils, eines Geräts, eines Betriebsmittels oder eines Systems

ANMERKUNG Der Nennwert ist im Allgemeinen ein gerundeter Wert.

[IEV 151-16-09:2001]

#### 3.8.2

##### **Grenzwert**

(en: limiting value)

(fr: valeur limite)

der in einer Festlegung eines Bauteils, eines Geräts, eines Betriebsmittels oder eines Systems enthaltene größte oder kleinste zulässige Wert einer Größe

[IEV 151-16-10:2001]

#### 3.8.3

##### **Bemessungswert**

(en: rated value)

(fr: valeur assignée)

Wert einer Größe, der für Spezifikationszwecke verwendet wird und für festgelegte Betriebsbedingungen eines Bauteils, eines Geräts, eines Betriebsmittels oder eines Systems gilt

[IEV 151-16-08:2001]

#### 3.8.4

##### **Bemessungsdaten**

(en: rating)

(fr: caractéristiques assignées)

Zusammenstellung von Bemessungswerten und Betriebsbedingungen

[IEV 151-16-11:2001]

#### 3.8.5

##### **Nennspannung (eines elektrischen Netzes)**

(en: nominal voltage (of an electrical system))

(fr: tension nominale (d'un réseau électrique))

ungefährer Wert der Spannung, der zur Bezeichnung oder Identifizierung eines elektrischen Netzes verwendet wird

[IEV 601-01-21, modifiziert]

#### 3.8.6

##### **Kurzschlussstrom ( $I_c$ )**

(en: short-circuit current ( $I_c$ ))

(fr: courant de court-circuit ( $I_c$ ))

Überstrom, der bei einem Kurzschluss infolge eines Fehlers oder einer falschen Verbindung in einem elektrischen Stromkreis auftritt

[IEV 441-11-07:2007]

### 3.8.7

#### unbeeinflusster Kurzschlussstrom ( $I_{cp}$ )

(en: prospective short-circuit current ( $I_{cp}$ ))

(fr: courant de court-circuit présumé ( $I_{cp}$ ))

Effektivwert des Stroms, der zum Fließen kommen würde, wenn die Zuleitung des Stromkreises durch einen Leiter mit vernachlässigbarer Impedanz in unmittelbarer Nähe der Anschlüsse der Schaltgerätekombination kurzgeschlossen wird (siehe 10.11.5.4)

### 3.8.8

#### Durchlassstrom

(en: cut-off current; let-through current)

(fr: courant coupé limité)

größter Augenblickswert des Stroms während der Ausschaltzeit eines Schaltgeräts oder einer Sicherung

ANMERKUNG Dieser Begriff ist von besonderer Bedeutung, wenn das Schaltgerät oder die Sicherung so ausschaltet, dass der unbeeinflusste Stoßstrom des Stromkreises nicht erreicht wird.

[IEV 441-17-12:2007]

### 3.8.9 Bemessungswerte für Spannungen

#### 3.8.9.1

##### Bemessungsspannung ( $U_n$ )

(en: rated voltage ( $U_n$ ))

(fr: tension assignée ( $U_n$ ))

vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegebene höchste Nennspannung des Netzes, Wechselspannung (Effektivwert) oder Gleichspannung, für die die Hauptstromkreise der Schaltgerätekombination ausgelegt sind

ANMERKUNG 1 In mehrphasigen Netzen ist dies die Spannung zwischen den Außenleitern.

ANMERKUNG 2 Transienten werden nicht berücksichtigt.

ANMERKUNG 3 Der Wert der Versorgungsspannung darf die Bemessungsspannung wegen zulässiger Grenzabweichungen des Netzes überschreiten.

#### 3.8.9.2

##### Bemessungsbetriebsspannung ( $U_e$ ) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

(en: rated operational voltage ( $U_e$ ) (of a circuit of an ASSEMBLY))

(fr: tension assignée d'emploi ( $U_e$ ) (d'un circuit d'un ENSEMBLE))

vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegebener Spannungswert, der, kombiniert mit dem Bemessungsstrom, die Verwendung bestimmt

ANMERKUNG In mehrphasigen Netzen ist dies die Spannung zwischen den Außenleitern.

#### 3.8.9.3

##### Bemessungsisolationsspannung ( $U_i$ )

(en: rated insulation voltage ( $U_i$ ))

(fr: tension assignée d'isolement ( $U_i$ ))

Stehspannung (Effektivwert), die vom Hersteller der Schaltgerätekombination für ein Betriebsmittel oder einen Teil davon angegeben wird und die das festgelegte (langzeitige) Stehvermögen seiner zugehörigen Isolierung angibt

[IEC 60664-1:2007, modifiziert, Begriff 3.9.1]

ANMERKUNG 1 In mehrphasigen Stromkreisen ist dies die Spannung zwischen den Außenleitern.

ANMERKUNG 2 Die Bemessungsisolationsspannung ist nicht notwendigerweise gleich der Bemessungsbetriebsspannung der Betriebsmittel, die sich primär auf das Betriebsverhalten bezieht.

ANMERKUNG 3 Dies ist der Wert, auf den sich die Prüfspannungen und die Kriechstrecken beziehen, siehe auch 8.3.

#### 3.8.9.4

##### **Bemessungsstoßspannung ( $U_{imp}$ )**

(en: rated impulse withstand voltage ( $U_{imp}$ ))

(fr: tension assignée de tenue aux chocs ( $U_{imp}$ ))

vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegebener Wert einer Stehstoßspannung, der das festgelegte Stehvermögen der Isolierung gegenüber transienten Überspannungen angibt

[IEC 60664-1:2007, modifiziert, Begriff 3.9.2]

#### 3.8.10 Bemessungswerte für Ströme

##### 3.8.10.1

##### **Bemessungsstrom**

(en: rated current)

(fr: Courant assigné)

vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegebener Wert des Stroms, der ohne Überschreiten der festgelegten Grenzübertemperaturen der verschiedenen Teile der Schaltgerätekombination unter festgelegten Bedingungen getragen werden kann

##### 3.8.10.2

##### **Bemessungsstoßstromfestigkeit ( $I_{pk}$ )**

(en: rated peak withstand current ( $I_{pk}$ ))

(fr: courant assigné de crête admissible ( $I_{pk}$ ))

vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegebener größter Augenblickswert des Kurzschlussstroms, dem unter den festgelegten Bedingungen standgehalten wird

##### 3.8.10.3

##### **Bemessungskurzzeitstromfestigkeit ( $I_{cw}$ )**

(en: rated short-time withstand current ( $I_{cw}$ ))

(fr: courant assigné de courte durée admissible ( $I_{cw}$ ))

vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegebener Effektivwert des Kurzzeitstroms, angegeben als Strom und Zeit, der unter festgelegten Bedingungen ohne Beschädigung getragen werden kann

##### 3.8.10.4

##### **Bedingter Bemessungskurzschlussstrom ( $I_{cc}$ )**

(en: rated conditional short-circuit current ( $I_{cc}$ ))

(fr: courant assigné de court-circuit conditionnel ( $I_{cc}$ ))

vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegebener Wert des unbeeinflussten Kurzschlussstroms, dem der durch eine Kurzschluss-Schutzeinrichtung (SCPD) geschützte Stromkreis während der Gesamtaus-schaltzeit (Stromflussdauer) des Geräts unter festgelegten Bedingungen standhalten kann

ANMERKUNG Die Kurzschluss-Schutzeinrichtung darf integraler Bestandteil der Schaltgerätekombination oder eine separate Einheit sein.

##### 3.8.11

##### **Bemessungsbelastungsfaktor**

##### **RDF**

(en: rated diversity factor (RDF))

(fr: facteur de diversité assigné (RDF))

vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegebener Prozentwert des Bemessungsstroms, mit dem die Abgänge einer Schaltgerätekombination dauernd und gleichzeitig unter Berücksichtigung der gegenseitigen thermischen Einflüsse belastet werden können

### 3.8.12

#### **Bemessungsfrequenz ( $f_n$ )**

(en: rated frequency ( $f_n$ ))

(fr: fréquence assignée ( $f_n$ ))

vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegebener Wert der Frequenz, für den die Schaltgerätekombination bestimmt ist und auf den sich die Betriebsbedingungen beziehen

### 3.8.13

#### **Elektromagnetische Verträglichkeit**

##### **EMV**

(en: electromagnetic compatibility (EMC))

(fr: compatibilité électromagnétique (CEM))

ANMERKUNG Zu Begriffen und Definitionen für EMV siehe Anhang J, J.3.8.12.1 bis J.3.8.12.6.

## 3.9 Nachweise

### 3.9.1

#### **Bauartnachweis**

(en: design verification)

(fr: vérification de la conception)

Nachweis an Mustern einer Schaltgerätekombination oder an Teilen von Schaltgerätekombinationen, um zu zeigen, dass die Bauart die Anforderungen der zutreffenden Schaltgerätekombinationsnorm erfüllt

ANMERKUNG Der Bauartnachweis darf eine oder mehrere gleichwertige Lösungswege enthalten, siehe 3.9.1.1, 3.9.1.2 und 3.9.1.3

#### 3.9.1.1

##### **Nachweis durch Prüfung**

(en: verification test)

(fr: essai de vérification)

Prüfung an einem Muster einer Schaltgerätekombination oder an Teilen von Schaltgerätekombinationen um zu zeigen, dass die Bauart die Anforderungen der zutreffenden Schaltgerätekombinationsnorm erfüllt

ANMERKUNG Nachweise durch Prüfung entsprechen Typprüfungen.

#### 3.9.1.2

##### **Nachweis durch Vergleich**

(en: verification comparison)

(fr: comparaison de vérification)

strukturierter Vergleich der geplanten Konstruktion einer Schaltgerätekombination oder von Teilen einer Schaltgerätekombination mit einer geprüften Referenzkonstruktion

#### 3.9.1.3

##### **Nachweis durch Begutachtung**

(en: verification assessment)

(fr: évaluation de vérification)

Bauartnachweis fester Konstruktionsregeln oder Berechnungen an einem Muster einer Schaltgerätekombination oder an Teilen von Schaltgerätekombinationen um zu zeigen, dass die Bauart die Anforderungen der zutreffenden Schaltgerätekombinationsnorm erfüllt

### 3.9.2

#### **Stücknachweis**

(en: routine verification)

(fr: vérification individuelle de série)

Nachweis, dem jede Schaltgerätekombination während und/oder nach ihrer Herstellung unterworfen wird, um sicherzustellen, dass sie den Anforderungen der zutreffenden Schaltgerätekombinationsnorm entspricht

### 3.10 Hersteller/Anwender

#### 3.10.1

##### **ursprünglicher Hersteller**

(en: original manufacturer)

(fr: fabricant d'origine)

Organisation, die die ursprüngliche Konstruktion und den zugehörigen Nachweis der Schaltgerätekombination nach der zutreffenden Schaltgerätekombinationsnorm durchgeführt hat

#### 3.10.2

##### **Hersteller der Schaltgerätekombination**

(en: ASSEMBLY manufacturer)

(fr: fabricant d'ENSEMBLE)

Organisation, die die Verantwortung für die fertige Schaltgerätekombination übernimmt

ANMERKUNG Der Hersteller der Schaltgerätekombination darf eine andere Organisation als der ursprüngliche Hersteller sein.

#### 3.10.3

##### **Anwender**

(en: User)

(fr: utilisateur)

Beteiligter, der die Schaltgerätekombination verwenden und betreiben wird, oder jemand, der in seinem Auftrag handelt

## 4 Formelzeichen und Abkürzungen

Alphabetisches Verzeichnis von Begriffen mit Symbolen zusammen mit dem Abschnitt, in dem sie erstmalig verwendet werden:

Symbol/Abkürzung	Kennzeichnendes Merkmal	Abschnitt
CTI	Vergleichszahl der Kriechwegbildung	3.6.17
ELV	Kleinspannung	3.7.11
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit	3.8.13
$f_n$	Bemessungsfrequenz	3.8.12
$I_c$	Kurzschlussstrom	3.8.6
$I_{cc}$	Bedingter Bemessungskurzschlussstrom	3.8.10.4
$I_{cp}$	unbeeinflusster Kurzschlussstrom	3.8.7
$I_{cw}$	Bemessungskurzzeitstrom	3.8.10.3
$I_{nA}$	Bemessungsstrom einer Schaltgerätekombination	5.3.1
$I_{nc}$	Bemessungsstrom eines Stromkreises	5.3.2
$I_{pk}$	Bemessungsstoßstromfestigkeit	3.8.10.2
MCCB	Kompakt-Leistungsschalter	10.10.4.2.1
N	Neutralleiter	3.7.5
PE	Schutzleiter	3.7.4
PEN	PEN-Leiter	3.7.6
RDF	Bemessungsbelastungsfaktor	3.8.11
SCPD	Kurzschluss-Schutzeinrichtung	3.1.11
SPD	Überspannungsableiter	3.6.12

Symbol/Abkürzung	Kennzeichnendes Merkmal	Abschnitt
$U_e$	Bemessungsbetriebsspannung	3.8.9.2
$U_i$	Bemessungsisolationsspannung	3.8.9.3
$U_{imp}$	Bemessungsstoßspannungsfestigkeit	3.8.9.4
$U_n$	Bemessungsspannung	3.8.9.1

## 5 Kennzeichnende Merkmale von Schnittstellen

### 5.1 Allgemeines

Die kennzeichnenden Merkmale der Schaltgerätekombination müssen vom Hersteller der Schaltgerätekombination unter Verwendung der Kriterien in 5.2 bis 5.5 angegeben werden. Diese Merkmale müssen mit den Bemessungsdaten der Stromkreise, an die die Schaltgerätekombination angeschlossen wird und den Aufstellungsbedingungen kompatibel sein.

### 5.2 Bemessungswerte für Spannungen

#### 5.2.1 Bemessungsspannung ( $U_n$ ) (einer Schaltgerätekombination)

Der Hersteller der Schaltgerätekombination muss die Bemessungsspannung angeben. Diese Spannung muss mindestens gleich der Nennspannung des elektrischen Netzes sein.

#### 5.2.2 Bemessungsbetriebsspannung ( $U_e$ ) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

Falls sie von der Bemessungsbetriebsspannung der Schaltgerätekombination abweicht, muss der Hersteller der Schaltgerätekombination die entsprechende Bemessungsbetriebsspannung des Stromkreises angeben.

Die Bemessungsbetriebsspannung eines jeden Stromkreises darf nicht kleiner als die Nennspannung des elektrischen Netzes sein, an das er angeschlossen werden soll.

#### 5.2.3 Bemessungsisolationsspannung ( $U_i$ ) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)

Die Bemessungsisolationsspannung eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination ist der Spannungswert, auf den sich die Prüfspannung der Isolierung und die Kriechstrecken beziehen.

Die Bemessungsisolationsspannung eines Stromkreises muss größer oder gleich den für  $U_n$  und für  $U_e$  angegebenen Werten für denselben Stromkreis sein.

ANMERKUNG Für einphasige Stromkreise in IT-Systemen (siehe IEC 60364-5-52) sollte die Bemessungsisolationsspannung mindestens gleich der Spannung zwischen den Phasen der Einspeisung sein.

#### 5.2.4 Bemessungsstoßspannungsfestigkeit ( $U_{imp}$ ) (der Schaltgerätekombination)

Die Bemessungsstoßspannungsfestigkeit muss gleich oder größer sein als die vorgegebenen Werte der transienten Überspannungen, die in dem elektrischen Netz auftreten, an das der Stromkreis angeschlossen werden soll.

ANMERKUNG Bevorzugte Werte für die Bemessungsstoßspannungsfestigkeit sind in Anhang G, Tabelle G.1 angegeben.

## 5.3 Bemessungswerte für Ströme

### 5.3.1 Bemessungsstrom der Schaltgerätekombination ( $I_{nA}$ )

Der Bemessungsstrom der Schaltgerätekombination ist der kleinere von:

- der Summe der Bemessungsströme der parallel betriebenen Einspeisungen innerhalb der Schaltgerätekombination;
- dem Gesamtstrom, den die Hauptsammelschiene in dem jeweiligen Aufbau der Schaltgerätekombination verteilen kann.

Der Strom muss getragen werden können, ohne dass die Erwärmung der einzelnen Teile die in 9.2 festgelegten Grenzwerte überschreitet.

ANMERKUNG 1 Der Bemessungsstrom einer Einspeisung kann kleiner als der Bemessungsstrom (entsprechend der zutreffenden Gerätenorm) des in der Einspeisung der Schaltgerätekombination eingebauten Geräts sein.

ANMERKUNG 2 Die Hauptsammelschiene in diesem Zusammenhang ist eine einzelne Sammelschiene oder eine Kombination einzelner Sammelschienen, die üblicherweise im Betrieb miteinander verbunden sind, z. B. durch Verwendung einer Kupplung.

ANMERKUNG 3 Der Bemessungsstrom der Schaltgerätekombination ist die höchste Strombelastung wenn sie vollständig mit Funktionseinheiten bestückt wird.

### 5.3.2 Bemessungsstrom eines Stromkreises ( $I_{nc}$ )

Der Bemessungsstrom eines Stromkreises ist der Wert des Stroms, der von diesem Stromkreis unter üblichen Betriebsbedingungen getragen werden kann, wenn er allein betrieben wird. Dieser Strom muss geführt werden können, ohne dass die Übertemperaturen der einzelnen Bauteile der Schaltgerätekombination die in 9.2 festgelegten Grenzwerte überschreiten.

ANMERKUNG 1 Der Bemessungsstrom eines Stromkreises kann kleiner als die Bemessungsströme (entsprechend der zutreffenden Gerätenorm) der in diesem Stromkreis eingebauten Geräte sein.

ANMERKUNG 2 Wegen der vielfältigen Einflüsse, von denen die Bemessungsströme abhängen, können keine Normwerte angegeben werden.

### 5.3.3 Bemessungsbelastungsfaktor (RDF)

Der Bemessungsbelastungsfaktor ist der vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegebene Prozentwert des Bemessungsstroms, mit dem die Abgänge einer Schaltgerätekombination dauernd und gleichzeitig unter Berücksichtigung der gegenseitigen thermischen Einflüsse belastet werden können.

Der Bemessungsbelastungsfaktor darf angegeben werden:

- für Gruppen von Stromkreisen;
- für die gesamte Schaltgerätekombination.

Der Bemessungsstrom der Stromkreise multipliziert mit dem Bemessungsbelastungsfaktor muss größer oder gleich der angenommenen Belastung der Abgänge sein. Die angenommene Belastung der Abgänge muss in der zutreffenden Schaltgerätekombinationsnorm geregelt werden.

ANMERKUNG Die angenommene Belastung der Abgänge darf ein gleichbleibender Dauerstrom oder das thermische Äquivalent eines schwankenden Stroms sein (siehe Anhang E).

Der Bemessungsbelastungsfaktor gilt für den Betrieb der Schaltgerätekombination mit Bemessungsstrom.

**ANMERKUNG** Der Bemessungsbelastungsfaktor berücksichtigt, dass mehrere Funktionseinheiten in der Praxis intermittierend belastet oder nicht gleichzeitig voll belastet werden. Siehe Anhang E für weitere Erläuterungen.

Siehe Anhang E für weitere Einzelheiten.

### **5.3.4 Bemessungsstoßstromfestigkeit ( $I_{pk}$ )**

Die Bemessungsstoßstromfestigkeit muss größer oder gleich dem angegebenen Scheitelwert des unbeeinflussten Stoßstroms des/der Versorgungssystems/systeme sein, für das/die diese(r) Stromkreis(e) vorgesehen ist(sind) (siehe auch 9.3.3).

### **5.3.5 Bemessungskurzzeitstromfestigkeit ( $I_{cw}$ ) (eines Stromkreises einer Schaltgerätekombination)**

Die Bemessungskurzzeitstromfestigkeit muss größer oder gleich dem unbeeinflussten Effektivwert des Kurzschlussstroms ( $I_{cp}$ ) an jedem Anschlusspunkt an die Versorgung sein (siehe auch 3.8.9.3).

Unterschiedliche Werte für  $I_{cw}$  für unterschiedliche Dauer (z. B. 0,2 s; 1 s; 3 s) dürfen einer Schaltgerätekombination zugeordnet werden.

Bei Wechselstrom ist der Wert des Stroms der Effektivwert der Wechselstromkomponente.

### **5.3.6 Bedingter Bemessungskurzschlussstrom einer Schaltgerätekombination ( $I_{cc}$ )**

Der bedingte Bemessungskurzschlussstrom muss größer oder gleich dem unbeeinflussten Effektivwert des Kurzschlussstroms ( $I_{cp}$ ) sein, zeitlich begrenzt durch das Ansprechen der Kurzschluss-Schutzeinrichtung, die die Schaltgerätekombination schützt.

Das Ausschaltvermögen und die Strombegrenzungseigenschaften ( $I^2t$ ,  $I_{pk}$ ) der festgelegten Kurzschluss-Schutzeinrichtung müssen vom Hersteller der Schaltgerätekombination unter Berücksichtigung der Angaben des Geräteherstellers angegeben werden.

## **5.4 Bemessungsfrequenz ( $f_n$ )**

Die Bemessungsfrequenz eines Stromkreises ist die Frequenz, auf die sich die Betriebsbedingungen beziehen. Falls Stromkreise der Schaltgerätekombination für verschiedene Frequenzen vorgesehen sind, muss der Wert der Bemessungsfrequenz für jeden Stromkreis angegeben werden.

**ANMERKUNG** Die Frequenz sollte innerhalb der Grenzen liegen, die in den für die eingebauten Betriebsmittel geltenden IEC-Normen festgelegt sind. Soweit vom Hersteller der Schaltgerätekombination nichts anderes angegeben ist, wird angenommen, dass die Grenzen 98 % und 102 % der Bemessungsfrequenz betragen.

## **5.5 Weitere kennzeichnende Merkmale**

Die folgenden kennzeichnenden Merkmale müssen angegeben werden:

- a) zusätzliche Anforderungen abhängig von den besonderen Betriebsbedingungen einer Funktionseinheit (z. B. Art der Koordination, Überlasteigenschaften);
- b) der Verschmutzungsgrad (siehe 3.6.9);
- c) das System nach Art der Erdverbindung, für das die Schaltgerätekombination vorgesehen ist;
- d) die Innenraum- und/oder Freiluftaufstellung (siehe 3.5.1 und 3.5.2);
- e) ortsfest oder ortsveränderbar (siehe 3.5.3 und 3.5.4);
- f) die Schutzart;
- g) vorgesehen für die Verwendung durch Elektrofachkräfte oder Laien (siehe 3.7.12 und 3.7.14);

- h) die Einteilung nach Elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV) (siehe Anhang J);
- i) besondere Betriebsbedingungen, falls zutreffend (siehe 7.2);
- j) die äußere Bauform (siehe 3.3);
- k) Schutz gegen mechanische Einwirkung, sofern anwendbar (siehe 8.2.1);
- l) die Art des Aufbaus – Einsätze und herausnehmbare Teile (siehe 8.5.1 und 8.5.2).

## 6 Angaben

### 6.1 Kennzeichnung der Schaltgerätekombination

Der Hersteller der Schaltgerätekombination muss jede Schaltgerätekombination mit einer oder mehreren Aufschriften dauerhaft so versehen, dass diese bei angeschlossener Schaltgerätekombination im Betrieb lesbar sind. Übereinstimmung wird durch Prüfung nach 10.2.7 und durch Besichtigung festgestellt.

Folgende Angaben zu Schaltgerätekombinationen müssen auf Bezeichnungsschildern angegeben werden.

- a) Name des Herstellers der Schaltgerätekombination oder Warenzeichen (siehe 3.10.2);
- b) Typenbezeichnung oder Kennnummer oder ein anderes Kennzeichen, aufgrund derer die notwendigen Informationen vom Hersteller der Schaltgerätekombination angefordert werden können;
- c) Kennzeichnung zur Feststellung des Herstellungsdatums;
- d) IEC 61439-X (der zutreffende Teil „X“ ist anzugeben).

ANMERKUNG Die zutreffende Schaltgerätekombinationsnorm darf festlegen, ob weitere Angaben auf dem Bezeichnungsschild angegeben werden müssen.

### 6.2 Dokumentation

#### 6.2.1 Angaben für die Schaltgerätekombination

Die folgenden zusätzlichen Angaben müssen, soweit zutreffend, in der mit der Schaltgerätekombination mitgelieferten technischen Dokumentation des Herstellers der Schaltgerätekombination zur Verfügung gestellt werden:

- a) Bemessungsspannung ( $U_n$ ) (der Schaltgerätekombination) (siehe 5.2.1);
- b) Bemessungsbetriebsspannung ( $U_e$ ) (eines jeden Stromkreises) (siehe 5.2.2);
- c) Bemessungsstoßspannungsfestigkeit ( $U_{imp}$ ) (siehe 5.2.4);
- d) Bemessungsisolationsspannung ( $U_i$ ) (siehe 5.2.3);
- e) Bemessungsstrom der Schaltgerätekombination ( $I_{nA}$ ) (siehe 5.3.1);
- f) Bemessungsstrom eines jeden Stromkreises ( $I_{nc}$ ) (siehe 5.3.2);
- g) Bemessungsstoßstromfestigkeit ( $I_{pk}$ ) (siehe 5.3.4);
- h) Bemessungskurzzeitstromfestigkeit ( $I_{cw}$ ) zusammen mit ihrer Dauer (siehe 5.3.5);
- i) Bedingter Bemessungskurzschlussstrom ( $I_{cc}$ ) (siehe 5.3.6);
- j) Bemessungsfrequenz ( $f_n$ ) (siehe 5.4);
- k) Bemessungsbelastungsfaktor(en) (RDF) (siehe 5.3.3).

Alle notwendigen Angaben, die die anderen angegebenen kennzeichnenden Merkmale und Einteilungen betreffen (siehe 5.5), müssen angegeben werden.

## — Entwurf —

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

Die folgenden zusätzlichen Angaben zur Schaltgerätekombination müssen, sofern zutreffend, angegeben werden:

- 1) die Kurzschlussfestigkeit und Art der Kurzschluss-Schutzeinrichtung(en) (siehe 9.3.2);
- 2) Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag;
- 3) Gesamtmaße (einschließlich vorstehender Teile z. B. Griffe, Verkleidungen, Türen);
- 4) die Masse, sofern sie 30 kg überschreitet.

### **6.2.2 Handhabungs-, Aufstellungs-, Betriebs- und Wartungsanweisungen**

Der Hersteller der Schaltgerätekombination muss, falls zutreffend, in seinen Unterlagen die Bedingungen für Handhabung, Aufstellung, Betrieb und Wartung der Schaltgerätekombination und der darin enthaltenen Betriebsmittel angeben.

Soweit erforderlich, müssen in den Anweisungen diejenigen Maßnahmen beschrieben werden, die für einwandfreien Transport, Handhabung, Aufstellung und Betrieb der Schaltgerätekombination wichtig sind. Die Angabe von Einzelheiten zum Gewicht ist besonders wichtig im Zusammenhang mit Transport und Handhabung von Schaltgerätekombinationen.

Die korrekte Lage und Montage von Hebevorrichtungen und die Gewindemaße von Hebevorrichtungen müssen, wenn anwendbar, vom Hersteller der Schaltgerätekombination in der technischen Dokumentation der Schaltgerätekombination oder in den Transportanweisungen angegeben werden.

Wenn bei Aufstellung, Betrieb und Wartung Maßnahmen in Bezug auf EMV erforderlich sind, müssen diese angegeben werden (siehe Anhang J).

Wenn eine Schaltgerätekombination, die speziell für die Umgebung A vorgesehen ist, in Umgebung B verwendet wird, ist folgender Hinweis in die Dokumentation aufzunehmen:

Hinweis

Dies ist ein Produkt für Umgebung A. In Umgebung B kann dieses Produkt unerwünschte elektromagnetische Störungen verursachen; in diesem Fall kann der Anwender verpflichtet sein, angemessene Maßnahmen durchzuführen

Falls erforderlich müssen die oben erwähnten Unterlagen Angaben über den empfohlenen Umfang und die Häufigkeit der Wartung enthalten.

Soweit sich die Schaltung aus der konstruktiven Anordnung der eingebauten Geräte nicht klar erkennen lässt, müssen Unterlagen, z. B. Schaltpläne oder Klemmenpläne, mitgegeben werden.

### **6.3 Identifizierung von Geräten und/oder Bauteilen**

Innerhalb der Schaltgerätekombination muss es möglich sein, bestimmte Stromkreise und ihre Schutzeinrichtungen zu identifizieren. Alle verwendeten Kennzeichnungen müssen mit IEC 61346-1 und mit IEC 61346-2 übereinstimmen und mit denen im Schaltplan identisch sein, der in Übereinstimmung mit IEC 61082-1 sein muss.

## **7 Betriebsbedingungen**

### **7.1 Übliche Betriebsbedingungen**

Schaltgerätekombinationen nach dieser Norm sind für die Verwendung unter den folgenden Betriebsbedingungen vorgesehen.

**ANMERKUNG** Wenn Betriebsmittel, z. B. Relais, elektronische Betriebsmittel, verwendet werden die nicht für diese Bedingungen konstruiert sind, sind geeignete Maßnahmen zu treffen, durch die ein einwandfreier Betrieb sichergestellt ist.

## 7.1.1 Umgebungstemperatur

### 7.1.1.1 Umgebungstemperatur für Innenraumaufstellung

Die Umgebungstemperatur ist nicht höher als +40 °C und ihr Mittelwert ist über eine Dauer von 24 h nicht höher als +35 °C.

Die untere Grenze der Umgebungstemperatur ist –5 °C.

### 7.1.1.2 Umgebungstemperatur für Freiluftaufstellung

Die Umgebungstemperatur ist nicht höher als +40 °C und ihr Mittelwert ist über eine Dauer von 24 h nicht höher als +35 °C.

Die untere Grenze der Umgebungstemperatur ist –25 °C.

## 7.1.2 Bedingungen hinsichtlich Luftfeuchte

### 7.1.2.1 Bedingungen hinsichtlich Luftfeuchte für Innenraumaufstellung

Die relative Luftfeuchte der Umgebungsluft überschreitet nicht 50 % bei einer höchsten Temperatur von +40 °C. Bei niedrigeren Temperaturen dürfen höhere Luftfeuchtwerte zugelassen werden, z. B. 90 % bei +20 °C. Gelegentlich auftretende mäßige Kondenswasserbildung infolge von Temperaturschwankungen sollte berücksichtigt werden.

### 7.1.2.2 Bedingungen hinsichtlich Luftfeuchte für Freiluftaufstellung

Die relative Luftfeuchte der Umgebungsluft darf vorübergehend bis 100 % bei einer höchsten Temperatur von +25 °C sein.

## 7.1.3 Verschmutzungsgrad

Der Verschmutzungsgrad (siehe 3.6.9) bezieht sich auf die Umgebungsbedingungen, für die die Schaltgeräte-kombination vorgesehen ist.

Für Schaltgeräte und Bauteile in einer Umhüllung gilt der Verschmutzungsgrad der Umgebungsbedingungen in der Umhüllung.

Zur Bewertung von Luft- und Kriechstrecken dienen folgende vier Verschmutzungsgrade in der Mikro-umgebung.

*Verschmutzungsgrad 1:*

Keine oder nur trockene, nichtleitende Verschmutzung. Die Verschmutzung wirkt sich nicht aus.

*Verschmutzungsgrad 2:*

Nur nichtleitende Verschmutzung. Es muss jedoch gelegentlich mit einer zeitweiligen Leitfähigkeit durch Betauung gerechnet werden.

*Verschmutzungsgrad 3:*

Leitende Verschmutzung oder trockene, nichtleitende Verschmutzung, die durch Betauung voraussichtlich leitfähig werden kann.

# — Entwurf —

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

*Verschmutzungsgrad 4:*

Verschmutzung, die dauernde Leitfähigkeit, z. B. aufgrund von leitendem Staub, Regen oder anderen feuchten Bedingungen, hervorruft.

Verschmutzungsgrad 4 gilt nicht für die Mikroumgebung innerhalb der Schaltgerätekombination entsprechend dieser Norm.

Wenn nichts anderes angegeben ist, gilt für Schaltgerätekombinationen, die in der Industrie eingesetzt werden, der Verschmutzungsgrad 3. Es dürfen jedoch auch andere Verschmutzungsgrade entsprechend dem jeweiligen Einsatz oder der Mikroumgebung angewendet werden.

**ANMERKUNG** Der Verschmutzungsgrad der Mikroumgebung eines Betriebsmittels darf durch Einbau in eine Umhüllung beeinflusst werden.

## **7.1.4 Höhenlage**

Die Höhenlage des Aufstellungsorts liegt nicht über 2 000 m über N.N.

**ANMERKUNG** Bei Betriebsmitteln, die in größeren Höhen verwendet werden sollen, ist es erforderlich, dass eine Reduzierung der Isolationsfestigkeit, des Schaltvermögens der Geräte und der Kühlwirkung der Umgebungsluft berücksichtigt wird.

## **7.2 Besondere Betriebsbedingungen**

Liegen besondere Betriebsbedingungen vor, so müssen die zutreffenden besonderen Anforderungen erfüllt oder besondere Vereinbarungen zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender getroffen werden. Der Anwender muss den Hersteller der Schaltgerätekombination darauf hinweisen, falls derartige außergewöhnliche Betriebsbedingungen vorliegen.

Besondere Betriebsbedingungen schließen z. B. ein:

- a) Werte der Umgebungstemperatur, der relativen Luftfeuchte und/oder der Höhenlage, die von den in 7.1 festgelegten abweichen;
- b) Auftreten schneller Temperatur- und/oder Luftdruckänderungen, so dass mit einer außergewöhnlichen Betauung innerhalb der Schaltgerätekombination gerechnet werden muss;
- c) Atmosphäre, die einen wesentlichen Anteil an Staub, Rauch, korrosiven oder radioaktiven Bestandteilen, Dämpfen oder Salz enthalten kann;
- d) Einwirkung starker elektrischer oder magnetischer Felder;
- e) Einwirkung extremer klimatischer Bedingungen;
- f) Einwirkung von Pilzen oder Kleintieren;
- g) Aufstellung in feuer- oder explosionsgefährdeten Bereichen;
- h) Auftreten heftiger Erschütterungen und Stöße;
- i) Aufstellung, bei der die Stromtragfähigkeit oder das Ausschaltvermögen beeinflusst wird, z. B. durch Einbau der Schaltgerätekombination in Maschinen oder Mauernischen;
- j) Einwirkung von leitungsgeführten und gestrahlten Störeinflüssen außer elektromagnetischen, und von elektromagnetischen Störungen in anderen Umgebungen als in 9.4 beschrieben;
- k) außergewöhnliche Überspannungen oder Spannungsschwankungen;
- l) übermäßige Oberwellen in der Versorgungsspannung oder im Laststrom.

## **7.3 Bedingungen während des Transports, der Lagerung und der Aufstellung**

Falls die Bedingungen während des Transportierens, des Lagerns und des Aufstellens, z. B. die Temperatur-, die Luftfeuchtwerte, von den in 7.1 festgelegten abweichen, müssen die erforderlichen Maßnahmen zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender vereinbart werden.

## 8 Bauanforderungen

### 8.1 Festigkeit von Werkstoffen und Teilen

#### 8.1.1 Allgemeines

Für Schaltgerätekombinationen müssen Werkstoffe verwendet werden, die den mechanischen, elektrischen, thermischen und Umgebungsbeanspruchungen standhalten, die bei den festgelegten Betriebsbedingungen auftreten können.

Die äußere Form der Umhüllung der Schaltgerätekombination kann entsprechend der Anwendung und dem Gebrauch variieren. Einige Beispiele sind in 3.3 definiert. Diese Umhüllungen dürfen auch aus unterschiedlichen Werkstoffen aufgebaut werden wie z. B. Isolierstoff, Metall oder eine Kombination aus beidem.

#### 8.1.2 Korrosionsschutz

Der bei den üblichen Betriebsbedingungen (siehe 7.1) erforderliche Korrosionsschutz muss durch Verwendung geeigneter Werkstoffe oder durch Aufbringen einer entsprechenden Schutzschicht auf korrosionsgefährdete Oberflächen sichergestellt werden. Die Übereinstimmung mit diesen Anforderungen wird durch Prüfung nach 10.2.2 festgestellt.

#### 8.1.3 Thermische Stabilität

Für Umhüllungen oder Teile von Umhüllungen aus Isolierstoff ist die thermische Stabilität nach 10.2.3.1 nachzuweisen.

#### 8.1.4 UV-Beständigkeit

Für Umhüllungen oder Teile von Umhüllungen aus Isolierstoff für Freiluftverwendung ist die Beständigkeit gegen UV-Strahlung nach 10.2.4 nachzuweisen.

#### 8.1.5 Beständigkeit von Isolierstoffen gegen Wärme und Feuer

##### 8.1.5.1 Allgemeines

Isolierstoffteile, die infolge innerer elektrischer Einwirkungen Wärmebeanspruchungen ausgesetzt sein könnten und deren Verschlechterung die Sicherheit der Schaltgerätekombination beeinträchtigen könnte, dürfen durch normale (Betriebs-)Wärme, außergewöhnliche Wärme und Feuer nicht beeinträchtigt werden.

Wenn ein identischer Werkstoff mit repräsentativen Querschnitten bereits die Anforderungen nach 8.1.5.2 und/oder 8.1.5.3 erfüllt hat, dann brauchen diese Prüfungen an den Teilen nicht wiederholt zu werden. Dieses gilt auch für alle Teile, die vorher entsprechend ihren eigenen Spezifikationen geprüft wurden.

##### 8.1.5.2 Nachweis der Beständigkeit von Isolierstoffen gegen Wärme

Der ursprüngliche Hersteller muss Übereinstimmung entweder durch Verweis auf den Temperaturindex der Isolierung (Bestimmt zum Beispiel mit einem Verfahren nach IEC 60216) oder durch Übereinstimmung mit IEC 60085 nachweisen.

##### 8.1.5.3 Beständigkeit von Isolierstoffen gegen außergewöhnliche Wärme und Feuer infolge innerer elektrischer Einwirkungen

Isolierstoffe, die für Teile verwendet werden, die stromführende Teile in ihrer Lage fixieren, und Teile, die thermischen Belastungen infolge innerer elektrischer Einwirkungen ausgesetzt sein könnten, und deren Verschlechterung die Sicherheit der Schaltgerätekombination beeinträchtigen könnte, dürfen nicht durch außergewöhnliche Wärme und Feuer beeinträchtigt werden, was durch die Glühdrahtprüfungen nach

10.2.3.2 nachzuweisen ist. Im Rahmen dieser Prüfung wird ein Schutzleiter (PE) nicht als stromführendes Teil betrachtet.

Für kleine Teile (mit Oberflächenabmessungen, die 14 mm × 14 mm nicht überschreiten) darf eine andere Prüfung gewählt werden (z. B. Nadelflammenprüfung nach IEC 60695-11-5). Das gleiche Verfahren darf aus anderen praktischen Gründen angewendet werden, wenn metallische Bestandteile eines Teils im Vergleich zum Isolierstoffanteil groß sind.

Der ursprüngliche Hersteller darf Angaben bezüglich Eignung des Materials vom Lieferanten des Isolierstoffs vorlegen, um die Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu zeigen.

#### **8.1.6 Mechanische Festigkeit**

Alle Umhüllungen oder Trennwände, einschließlich Verriegelungseinrichtungen und Scharniere für Türen müssen mechanisch so fest sein, dass sie den betriebsmäßig und unter Kurzschlussbedingungen auftretenden Beanspruchungen standhalten (siehe auch 10.13).

Die mechanische Funktion herausnehmbarer Teile, einschließlich jeglicher Kodiereinrichtung, muss durch Prüfung nach 10.13 nachgewiesen werden.

#### **8.1.7 Hebevorrichtung**

Wenn gefordert, müssen Schaltgerätekombinationen mit einer geeigneten Vorrichtung zum Heben ausgestattet werden. Übereinstimmung wird mit der Prüfung nach 10.2.5 nachgewiesen.

### **8.2 Schutzart realisiert durch die Umhüllung einer Schaltgerätekombination**

#### **8.2.1 Schutz gegen mechanische Einwirkung**

Die Schutzart der Umhüllung einer Schaltgerätekombination gegen mechanische Einwirkung ist, falls erforderlich, in der zutreffenden Schaltgerätekombinationsnorm zu definieren und in Übereinstimmung mit IEC 62262 nachzuweisen (siehe 10.2.6).

#### **8.2.2 Schutz gegen Berührung aktiver Teile, gegen Eindringen fester Fremdkörper und Wasser**

Die Schutzart für jede Schaltgerätekombination hinsichtlich des Schutzes gegen Berühren aktiver Teile, des Eindringens fester Fremdkörper und Wasser wird mit dem IP-Code nach IEC 60529 angegeben und nach 10.3 nachgewiesen.

**ANMERKUNG 1** In den Vereinigten Staaten von Amerika (USA), Kanada und Mexiko wird eine Umhüllungs-Typ-Kennzeichnung zur Festlegung der Schutzart für eine Schaltgerätekombination verwendet. Für Anwendungen in den USA sollte die Umhüllungs-Typ-Kennzeichnung nach NEMA 250 verwendet werden. Für Anwendungen in Kanada sollte die Umhüllungs-Typ-Kennzeichnung nach CSA-Norm C22.2 Nr. 94.1 und 94.2 verwendet werden. Für Anwendungen in Mexiko sollte die Umhüllungs-Typ-Kennzeichnung nach NMX-J-235/1-ANCE und NMX-J-235/2-ANCE verwendet werden.

Die Schutzart einer Schaltgerätekombination in geschlossener Bauform muss, wenn sie nach den Angaben des Herstellers der Schaltgerätekombination aufgestellt und angeschlossen ist, wenigstens in Schutzgrad IP2X ausgeführt sein. Der von der Front einer Schaltgerätekombination in Tafelbauform gebotene Schutzgrad muss wenigstens IPXXB sein.

Für fest aufgestellte Schaltgerätekombinationen, die im üblichen Betrieb nicht geneigt werden, ist IPX2 nicht anwendbar.

Schaltgerätekombinationen für Freiluftaufstellung, die keinen zusätzlichen Schutz erhalten, müssen an der zweiten numerischen Stelle mindestens die 3 aufweisen.

ANMERKUNG 2 Bei Freiluftaufstellung darf ein zusätzlicher Schutz durch ein Schutzdach oder ähnliches erreicht werden.

Wenn nichts anderes festgelegt ist, gilt die vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegebene Schutzart für die gesamte nach den Angaben des Herstellers der Schaltgerätekombination aufgestellte und angeschlossene Schaltgerätekombination, z. B. mit Abdichten offener Befestigungsflächen der Schaltgerätekombination, usw.

Weist die Schaltgerätekombination nicht durchgängig denselben IP-Code auf, muss der Hersteller der Schaltgerätekombination die Schutzarten für die separaten Teile angeben.

Abweichende IP-Schutzgrade dürfen die vorgesehene Verwendung der Schaltgerätekombination nicht beeinträchtigen.

ANMERKUNG 3 Beispiele:

- Bedienungsfront IP20, übrige Teile IP00;
- Entwässerungsöffnungen im Boden IPXXD, übrige Teile IP43.

Die Angabe von IP-Codes kann erst erfolgen, wenn geeignete Nachweise nach 10.3 geführt wurden.

Geschlossene Schaltgerätekombinationen für Freiluftaufstellung und für Innenraumaufstellung, die an Orten mit hoher Luftfeuchte und in weiten Grenzen schwankenden Temperaturen verwendet werden, müssen gegen schädliche Kondensation innerhalb der Schaltgerätekombination mit geeigneten Mitteln (Belüftung und/oder innere Heizung, Klimastutzen usw.) ausgestattet werden. Die festgelegte Schutzart muss dabei jedoch erhalten bleiben.

### **8.2.3 Schaltgerätekombination mit herausnehmbaren Teilen**

Die für die Schaltgerätekombinationen angegebene Schutzart gilt üblicherweise für die Betriebsstellung (siehe 3.2.3) herausnehmbarer Teile.

Falls es nach dem Herausnehmen eines herausnehmbaren Teils nicht möglich ist, die Schutzart zu erhalten, z. B. durch Schließen einer Tür, muss zwischen dem Hersteller der Schaltgerätekombination und dem Anwender eine Vereinbarung darüber getroffen werden, welche Maßnahmen erforderlich sind, um einen angemessenen Schutz zu erreichen. Informationen des Herstellers der Schaltgerätekombination dürfen anstelle der Vereinbarung verwendet werden.

Wenn Verschlusschieber verwendet werden, um einen angemessenen Schutz vor aktiven Teilen zu gewährleisten, dann müssen diese so gesichert sein, dass ein unbeabsichtigtes Entfernen verhindert wird.

## **8.3 Luft- und Kriechstrecken**

### **8.3.1 Allgemeines**

Die Anforderungen für Luft- und Kriechstrecken beruhen auf den Grundsätzen der IEC 60664-1 und dienen zur Gewährleistung der Isolationskoordination mit der Installation.

Die Luft- und Kriechstrecken von Betriebsmitteln, die Teil der Schaltgerätekombination sind, müssen die Anforderungen der zutreffenden Produktnorm erfüllen.

Beim Einbau der Betriebsmittel in Schaltgerätekombinationen müssen die geforderten Luft- und Kriechstrecken unter den üblichen Betriebsbedingungen eingehalten werden.

Für die Auslegung von Luft- und Kriechstrecken zwischen separaten Stromkreisen müssen die höchsten Bemessungsspannungen verwendet werden (Bemessungsstoßspannungsfestigkeit für Luftstrecken und Bemessungsisolationsspannung für Kriechstrecken).

## — Entwurf —

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

Die Luft- und Kriechstrecken gelten für Außenleiter gegen Außenleiter, Außenleiter gegen Neutralleiter und, falls der Leiter nicht direkt mit Erde verbunden ist, Außenleiter gegen Erde und Neutralleiter gegen Erde.

Für blanke aktive Leiter und Anschlüsse (z. B. Sammelschienen, Verbindungen zwischen Geräten und Kabelschuhen) müssen mindestens die Luft- und Kriechstrecken eingehalten werden, die bei den unmittelbar angeschlossenen Betriebsmitteln gefordert sind.

Die Auswirkung eines Kurzschlusses bis einschließlich der (des) für die Schaltgerätekombination angegebenen Bemessungswerte(s) darf die Luft- und Kriechstrecken zwischen Sammelschienen und/oder Anschlüssen nicht dauerhaft unter die für die Schaltgerätekombination festgelegten Werte verringern. Verformungen von Umhüllungsteilen oder der inneren Trennwände, Abdeckungen oder Hindernissen infolge von Kurzschlüssen dürfen Luft- und Kriechstrecken nicht dauerhaft unter die in 8.3.2 und 8.3.3 für die Schaltgerätekombination festgelegten Werte verringern (siehe auch 10.11.5.5).

### **8.3.2 Luftstrecken**

Luftstrecken müssen ausreichend sein, um die angegebene Bemessungsstoßspannungsfestigkeit ( $U_{imp}$ ) für einen Stromkreis zu erreichen. Die Luftstrecken müssen so groß sein wie in Tabelle 1 festgelegt, außer ein Bauartnachweis durch Prüfung und eine Stückprüfung der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit wurden entsprechend 10.9.3 bzw. 11.3 durchgeführt.

Das Verfahren der Messung der Luftstrecken ist in Anhang F festgelegt.

**ANMERKUNG** In den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) und in Mexiko werden National Electrical Codes zur Festlegung der Mindestluftstrecken verwendet. In den USA gilt der National Electric Code, NFPA 70, Artikel 408.36. In Mexiko gilt NOM-001-SEDE. Für diese Anwendungen wird empfohlen Luftstrecken unter Verwendung von Anhang L, Tabelle L.1 dieser Norm auszuwählen. Für Anwendungen in Kanada sind die Mindestluftstrecken im Canadian Electrical Code, Part 2 Product Safety Standards festgelegt.

### **8.3.3 Kriechstrecken**

Der ursprüngliche Hersteller muss Bemessungsisolationsspannung(en) ( $U_i$ ) für die Stromkreise der Schaltgerätekombination auswählen, aus der die Kriechstrecken ermittelt werden müssen. Für jeden vorhandenen Stromkreis darf die Bemessungsisolationsspannung nicht kleiner als die Bemessungsbetriebsspannung ( $U_e$ ) sein.

Die Kriechstrecken dürfen in keinem Fall kleiner als die zugehörigen Mindestluftstrecken sein.

Die Kriechstrecken müssen Tabelle 2 entsprechen in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad nach 7.1.3, der entsprechenden Werkstoffgruppe und der Bemessungsisolationsspannung.

Das Verfahren der Messung der Kriechstrecken ist in Anhang F festgelegt.

**ANMERKUNG 1** Für anorganische Isolierstoffe, z. B. Glas oder Keramik, die keine Kriechwege bilden, brauchen die Kriechstrecken nicht größer als die zugehörigen Luftstrecken zu sein. Die Gefahr von Überschlägen sollte aber berücksichtigt werden.

**ANMERKUNG 2** In den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) und in Mexiko werden National Electrical Codes zur Festlegung der Mindestkriechstrecken verwendet. In den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) gilt der National Electric Code, NFPA 70, Artikel 408.36. In Mexiko gilt NOM-001-SEDE. Für diese Anwendungen wird empfohlen Kriechstrecken unter Verwendung von Anhang L, Tabelle L.2 dieser Norm auszuwählen. Für Anwendungen in Kanada sind Mindestkriechstrecken im Canadian Electrical Code, Part 2 Product Safety Standards festgelegt.

Eine Kriechstrecke darf bei Verwendung von Rippen mit mindestens 2 mm Höhe vermindert werden, aber darf, unabhängig von der Anzahl der Rippen, nicht kleiner als das 0,8fache der entsprechenden Werte der Tabelle 2 und nicht geringer als die zugehörige Luftstrecke sein. Der kleinste Fuß der Rippen wird durch die mechanischen Anforderungen bestimmt (siehe Abschnitt F.2).

## 8.4 Schutz gegen elektrischen Schlag

### 8.4.1 Allgemeines

Geräte und Stromkreise in einer Schaltgerätekombination müssen so angeordnet werden, dass ihr Betrieb und ihre Wartung erleichtert werden und gleichzeitig der erforderliche Schutz sichergestellt ist.

Die folgenden Anforderungen dienen dazu sicherzustellen, dass die geforderten Schutzmaßnahmen eingehalten werden, wenn eine Schaltgerätekombination an ein elektrisches Netz in Übereinstimmung mit den Normen der Reihe IEC 60364 angeschlossen wird.

ANMERKUNG Für die allgemeingültigen Schutzmaßnahmen gelten IEC 61140 und IEC 60364-4-41.

Die Schutzmaßnahmen, die für Schaltgerätekombinationen besondere Bedeutung haben, sind in 8.4.2 bis 8.4.5 wiedergegeben.

### 8.4.2 Basisschutz

#### 8.4.2.1 Allgemeines

Basisschutz ist vorgesehen, um direktes Berühren von gefährlichen aktiven Teilen zu verhindern.

Der Basisschutz kann entweder durch konstruktive Maßnahmen an der Schaltgerätekombination selbst oder durch zusätzliche Maßnahmen, die beim Aufstellen und Anschließen zu treffen sind, erreicht werden. Dies kann Angaben des Herstellers der Schaltgerätekombination erforderlich machen.

Ein Beispiel für zusätzliche Maßnahmen ist das Aufstellen einer Schaltgerätekombination in offener Bauform ohne weitere Vorkehrungen in einem Betriebsraum, zu dem nur befugte Personen Zugang haben.

Wenn Basisschutz durch konstruktive Maßnahmen erreicht wird, dürfen eine oder mehrere der Schutzmaßnahmen nach 8.4.2.2 und 8.4.2.3 gewählt werden. Wenn die Schutzmaßnahme nicht in der zutreffenden Schaltgerätekombinationsnorm festgelegt ist, muss die ausgewählte Maßnahme vom Hersteller der Schaltgerätekombination angegeben werden.

#### 8.4.2.2 Basisisolierung durch Isolierstoffe

Gefährliche aktive Teile müssen vollständig von Isolierung umhüllt sein, die sich nur durch Zerstören oder mit Hilfe eines Werkzeugs entfernen lässt.

Die Isolierung muss aus geeigneten Werkstoffen bestehen, die den mechanischen, elektrischen und thermischen Beanspruchungen, denen sie im Betrieb unterliegen, dauerhaft standhalten.

ANMERKUNG Beispiele sind elektrische Bauteile, die vollständig von Isolierstoff umgeben sind und isolierte Leiter.

Farbe, Anstriche und Lacke allein gelten nicht als ausreichend, um Basisschutz zu gewährleisten.

#### 8.4.2.3 Abdeckungen oder Umhüllungen

Durch Luft isolierte aktive Teile müssen sich innerhalb von Umhüllungen oder hinter Abdeckungen befinden, die mindestens einen Schutzgrad von IPXXB aufweisen.

Horizontale Oberflächen von zugängigen Umhüllungen in einer Höhe von höchstens 1,6 m über der Standfläche müssen einen Schutzgrad von mindestens IPXXD aufweisen.

Abdeckungen und Umhüllungen müssen zuverlässig befestigt, ausreichend stabil und beständig sein, um die erforderlichen Schutzgrade und geeignete Trennung von aktiven Teilen unter üblichen Betriebsbedingungen unter Berücksichtigung äußerer Einflüsse einzuhalten. Der Abstand zwischen einer leitfähigen Abdeckung

oder Umhüllung und den durch sie geschützten aktiven Teilen darf die in 8.3 festgelegten Werte der Luft- und Kriechstrecken nicht unterschreiten.

Wenn Abdeckungen abgenommen, Umhüllungen geöffnet oder Teile davon entfernt werden müssen, darf das nur möglich sein, wenn dabei eine der folgenden Bedingungen a) bis c) eingehalten wird:

- a) Verwendung eines Schlüssels oder Werkzeugs ist erforderlich, d. h. eines mechanischen Hilfsmittels zum Öffnen der Tür, der Abdeckung oder das Umgehen einer Verriegelung.
- b) Aktive Teile, vor denen diese Abdeckungen oder Umhüllungen Basisschutz bieten, müssen zuvor von der Einspeisung getrennt sein. Die Einspeisung darf erst wieder eingeschaltet werden können, wenn Abdeckungen oder Umhüllungen wieder eingesetzt bzw. wieder verschlossen wurden. In TN-C-Systemen darf der PEN-Leiter nicht getrennt oder geschaltet werden. In TN-S- und in TN-C-S-Systemen braucht der Neutralleiter nicht getrennt oder geschaltet zu werden (siehe IEC 60364-5-53, 536.1.2).

Beispiel: Verriegelung der Tür oder der Türen mit einem Trennschalter, so dass diese sich erst öffnen lassen, wenn der Trennschalter ausgeschaltet ist; bei offener Tür darf sich der Trennschalter nicht einschalten lassen, es sei denn durch Verwendung eines Werkzeugs.

- c) Eine Zwischenabdeckung mit einer Schutzart von mindestens IPXXB verhindert die Berührung von aktiven Teilen, sie darf nur durch Verwendung eines Schlüssels oder Werkzeugs entfernt werden können.

### **8.4.3 Fehlerschutz**

#### **8.4.3.1 Errichtungsbedingungen**

Die Schaltgerätekombination muss geeignete Schutzmaßnahmen für Installationen nach IEC 60364-4-41 enthalten. Geeignete Schutzmaßnahmen für bestimmte Installationen (z. B. Eisenbahnen, Schiffe) müssen zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender vereinbart werden.

Wenn das System nach Art der Erdverbindung ein TT-Netz ist, muss eine der folgenden Maßnahmen in der Schaltgerätekombination angewendet werden:

- a) doppelte oder verstärkte Isolierung der Einspeiseanschlüsse; oder
- b) Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) in der Einspeisung.

Solche Vorkehrungen sind Gegenstand einer Vereinbarung zwischen Anwender und Hersteller.

#### **8.4.3.2 Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung**

##### **8.4.3.2.1 Allgemeines**

Jede Schaltgerätekombination muss mit einem Schutzleiter zur automatischen Abschaltung der Stromversorgung ausgestattet sein zum:

- a) Schutz gegen die Folgen von Fehlern (z. B. Fehler der Basisisolierung) innerhalb der Schaltgerätekombination;
- b) Schutz gegen die Folgen von Fehlern (z. B. Fehler der Basisisolierung) in äußeren Stromkreisen, die durch die Schaltgerätekombination gespeist werden.

Die Anforderungen, die erfüllt werden müssen, sind in den folgenden Abschnitten angegeben.

Anforderungen zur Kennzeichnung des Schutzleiters (PE, PEN) sind in 8.6.6 angegeben.

##### **8.4.3.2.2 Anforderungen für die durchgehende Schutzleiterverbindung zum Schutz gegen die Folgen von Fehlern innerhalb der Schaltgerätekombination**

Alle Körper der Schaltgerätekombination müssen miteinander und mit dem Schutzleiter der Stromversorgung verbunden sein oder durch einen Schutzleiter/Erdungsleiter zur Erdungseinrichtung.

Diese Verbindungen dürfen durch metallene Schraubverbindungen, geschweißte oder andere leitende Verbindungen oder durch einen getrennten Schutzleiter hergestellt werden.

**ANMERKUNG** Bei Metallteilen der Schaltgerätekombination, die mit einer besonders widerstandsfähigen Oberfläche versehen sind, z. B. Leitungseinführungsplatten mit Pulverbeschichtung, erfordert der Anschluss an den Schutzleiter das Durchdringen oder Entfernen der Beschichtung.

Das Verfahren zum Nachweis der durchgehenden Schutzleiterverbindung zwischen den Körpern der Schaltgerätekombination und dem Schutzleiterkreis ist in 10.5.2 beschrieben.

Für die Durchgängigkeit dieser Verbindungen muss gelten:

- a) Wenn ein Teil der Umhüllung der Schaltgerätekombination, z. B. für Wartungs-/Instandhaltungsarbeiten, entfernt wird, dürfen die Schutzleiterverbindungen für die übrigen Teile der Schaltgerätekombination nicht unterbrochen werden.

Befestigungsmittel der verschiedenen Metallteile der Schaltgerätekombination gelten für die durchgehende Verbindung des Schutzleiters als ausreichend, wenn eine dauerhafte gute Leitfähigkeit gesichert ist.

Flexible oder biegsame Metallinstallationsrohre dürfen nur als Schutzleiter verwendet werden, wenn sie für diesen Zweck konstruiert sind.

- b) Bei Deckeln, Türen, Abschlussplatten u. ä., an denen keine elektrischen Betriebsmittel befestigt sind, die die Grenzen von Kleinspannung (ELV) überschreiten, gelten die üblichen Schraubverbindungen und Scharniere aus Metall als ausreichend für die durchgehende Schutzleiterverbindung.

Wenn Geräte mit höherer Spannung als Kleinspannung an Deckeln, Türen oder Abschlussplatten befestigt sind, müssen zusätzliche Maßnahmen für eine sichere durchgehende Schutzleiterverbindung getroffen werden. An diese Teile muss ein Schutzleiter (PE) angeschlossen werden, dessen Querschnitt in Übereinstimmung mit Tabelle 3 ist, bezogen auf den größten Bemessungsbetriebsstrom  $I_c$  der befestigten Betriebsmittel oder, falls der Bemessungsbetriebsstrom der befestigten Betriebsmittel kleiner oder gleich 16 A ist, eine gleichwertige für diesen Zweck konstruierte und nachgewiesene elektrische Verbindung (Schleifkontakt, korrosionsgeschützte Scharniere).

Körper eines Betriebsmittels, die nicht durch ihre Befestigungsmittel mit dem Schutzleiterstromkreis verbunden werden können, müssen durch einen Leiter, dessen Querschnitt nach Tabelle 3 ausgewählt wird, an den Schutzleiter der Schaltgerätekombination angeschlossen werden.

Bestimmte Körper der Schaltgerätekombination, die keine Gefahr darstellen, brauchen nicht mit dem Schutzleiter verbunden zu werden. Dies gilt

- entweder, wenn sie nicht großflächig berührt oder mit der Hand umfasst werden können; oder
- wenn sie klein (ungefähr 50 mm × 50 mm) oder so angeordnet sind, dass ein Kontakt mit aktiven Teilen ausgeschlossen ist.

Dies gilt für Schrauben, Nieten und Typschilder. Dies gilt auch für Elektromagnete von Schützen oder Relais, Magnetkernen von Transformatoren, gewisse Teile von Auslösern usw. ohne Rücksicht auf ihre Größe.

Tragende Metallflächen an herausnehmbaren Teilen gelten als ausreichend sicher mit dem durchgehenden Schutzleiter verbunden, wenn sie mit genügendem Druck auf der Gegenfläche aufliegen.

#### **8.4.3.2.3 Anforderungen für Schutzleiter zum Schutz gegen die Folgen von Fehlern in äußeren Stromkreisen, die durch die Schaltgerätekombination gespeist werden**

Ein Schutzleiter innerhalb einer Schaltgerätekombination muss so konstruiert sein, dass er den höchsten thermischen und dynamischen Beanspruchungen standhält, die am Aufstellungsort der Schaltgerätekombination im Falle eines Fehlers in äußeren, von der Schaltgerätekombination gespeisten Stromkreisen auftreten können. Leitfähige Konstruktionsteile dürfen als Schutzleiter oder als Teil davon verwendet werden.

Der Nachweis muss nach 10.5.3 erfolgen, außer der Nachweis der Kurzschlussfestigkeit ist nach 10.11.2 nicht erforderlich.

Grundsätzlich dürfen mit Ausnahme der unten genannten Fälle Schutzleiterkreise innerhalb von Schaltgerätekombinationen keine Einrichtung zum Unterbrechen (Schalter, Trennschalter usw.) enthalten:

Trennlaschen im Zuge eines Schutzleiterkreises sind zulässig, wenn sie nur mittels Werkzeug zu entfernen und nur für befugte Personen zugänglich sind (solche Trennlaschen können für bestimmte Prüfungen erforderlich sein).

Wenn die durchgehenden Schutzleiterverbindungen durch Trennkontaktstücke oder Steckvorrichtungen unterbrochen werden können, darf der Schutzleiterkreis erst nach dem Unterbrechen der Außenleiter aufgetrennt werden; die durchgehende Schutzleiterkreisverbindung muss vor der Verbindung der Außenleiter wieder hergestellt werden.

Bei Schaltgerätekombinationen mit Konstruktionsteilen, Gerüsten, Umhüllungen usw. aus leitfähigem Werkstoff braucht ein gegebenenfalls vorhandener Schutzleiter gegenüber diesen Teilen nicht isoliert angeordnet zu werden. Leiter zu Fehlerspannungsschutzeinrichtungen einschließlich deren Verbindungen zu einem separaten Erder müssen isoliert verlegt sein, wenn dies von ihrem Hersteller gefordert ist. Die kann auch für die Erdverbindung eines Transformatorensternpunkts gelten.

Der Querschnitt von Schutzleitern (PE, PEN) einer Schaltgerätekombination, an die von außen eingeführte Leiter angeschlossen werden sollen, darf nicht kleiner sein als der mit Hilfe der Gleichung in Anhang B unter Verwendung des höchsten Fehlerstroms und Dauer des Fehlers ermittelte Wert. Dabei wird die Begrenzung durch Kurzschluss-Schutzeinrichtungen (SCPDs) berücksichtigt, die die zugeordneten aktiven Leiter schützen. Die Kurzschlussfestigkeit wird nach 10.5.3 nachgewiesen.

Für PEN-Leiter gelten folgende zusätzliche Anforderungen:

- der Mindest-Querschnitt darf nicht kleiner sein als  $10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$  oder  $16 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ ;
- der Querschnitt des PEN-Leiters darf nicht kleiner als der für Neutralleiter geforderte sein (siehe 8.6.1);
- die PEN-Leiter müssen innerhalb einer Schaltgerätekombination nicht isoliert sein;
- Konstruktionsteile dürfen nicht als PEN-Leiter verwendet werden. Tragschienen aus Kupfer oder Aluminium dürfen jedoch als PEN-Leiter verwendet werden.

Für Einzelheiten der Anforderungen für Anschlüsse von außen eingeführter Schutzleiter siehe 8.8.

#### **8.4.3.3 Schutztrennung**

Die Schutztrennung von individuellen Stromkreisen dient zur Vermeidung eines elektrischen Schlags bei Berühren von Körpern, die durch Fehler in der Basisisolierung des Leiters unter Spannung stehen können.

Für diese Art von Schutz siehe Anhang K.

#### **8.4.4 Schutz durch Schutzisolierung**

**ANMERKUNG** In Übereinstimmung mit 413.2.1.1 von IEC 60364-4-41 entspricht die Schutzisolierung Betriebsmitteln der Schutzklasse II.

Für den Basis- und Fehlerschutz durch Schutzisolierung müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- a) Die Betriebsmittel müssen vollständig von Isolierstoff umhüllt sein, vergleichbar mit doppelter oder verstärkter Isolierung. Die Umhüllung muss das Bildzeichen  tragen. Dieses muss von außen erkennbar sein.
- b) Die Umhüllung darf an keiner Stelle durch leitfähige Teile so durchbrochen werden, dass die Möglichkeit besteht, dass eine Fehlerspannung nach außen verschleppt werden kann.

Dies bedeutet, dass Metallteile, wie Antriebswellen, die aus konstruktiven Gründen die Umhüllung durchstoßen müssen, innerhalb oder außerhalb der Umhüllung für die größte Bemessungsisolationsspannung und für die größte Bemessungsstoßspannungsfestigkeit aller Stromkreise in der Schaltgerätekombination gegen aktive Teile isoliert sein müssen.

Wenn ein Bedienteil aus Metall besteht (mit oder ohne Isolierstoffumhüllung), muss dieses mit einer Isolation versehen werden, die für die größte Bemessungsisolationsspannung und für die größte Bemessungsstoßspannungsfestigkeit aller Stromkreise in der Schaltgerätekombination bemessen ist.

Wenn ein Bedienteil vorwiegend aus Isolierstoff besteht, müssen alle Metallteile, die im Falle eines Fehlers der Isolation berührt werden können, ebenfalls für die größte Bemessungsisolationsspannung und für die größte Bemessungsstoßspannungsfestigkeit aller Stromkreise in der Schaltgerätekombination gegen aktive Teile isoliert werden.

- c) Die Umhüllung muss im betriebsfertigen Zustand der Schaltgerätekombination nach dem Anschließen an das Versorgungsnetz alle aktiven Teile, alle Körper und alle Teile eines Schutzleiterkreises so umschließen, dass sie nicht berührt werden können. Die Umhüllung muss wenigstens der Schutzart IP2XC (siehe IEC 60529) entsprechen.

Wenn durch eine derartige Schaltgerätekombination, deren Körper isoliert angeordnet sind, ein Schutzleiter zu den nachgeschalteten elektrischen Betriebsmitteln durchgeschleift wird, müssen für den Anschluss der von außen herangeführten Schutzleiter Anschlüsse vorgesehen und in geeigneter Weise gekennzeichnet werden.

Innerhalb der Umhüllung müssen der Schutzleiter und seine Anschlüsse von den aktiven Teilen und von den Körpern ebenso isoliert werden wie die aktiven Teile.

- d) Körper innerhalb der Schaltgerätekombination dürfen nicht mit dem Schutzleiterkreis verbunden werden, d. h., sie dürfen nicht in eine Schutzmaßnahme mit Schutzleiterkreis einbezogen werden. Das gilt auch für eingebaute Betriebsmittel, auch wenn sie einen Schutzleiteranschluss haben.
- e) Falls Türen oder Verkleidungen der Umhüllung sich ohne Werkzeug oder Schlüssel öffnen lassen, muss dahinter eine Abdeckung aus Isolierstoff angebracht sein, das Schutz gegen zufälliges Berühren von berührbaren aktiven Teilen und Körpern bietet, die erst nach dem Öffnen zugänglich werden; diese Abdeckung darf nur mit Werkzeug entfernbar sein.

#### **8.4.5 Begrenzung von Beharrungsberührungsstrom und Ladung**

Wenn die Schaltgerätekombination Betriebsmittel enthält, die nach dem Abschalten Beharrungsberührungsstrom und Ladungen haben können (Kondensatoren usw.), muss ein Warnschild angebracht werden.

Kleine Kondensatoren, z. B. für die Lichtbogenlöschung, für das verzögerte Abfallen von Relais, gelten nicht als gefährlich.

ANMERKUNG Zufälliges Berühren wird nicht als gefährlich eingeschätzt, wenn die Spannungen, die aus statischen Ladungen resultieren in weniger als 5 s nach dem Abschalten der Einspeisung unter DC 60 V absinken.

#### **8.4.6 Bedienungs- und Instandhaltungsbedingungen**

##### **8.4.6.1 Durch Laien zu bedienende Geräte oder zu ersetzende Bauteile**

Schutz gegen jeden Kontakt mit aktiven Teilen muss beim Bedienen von Geräten oder Ersetzen von Bauteilen vorhanden sein.

Der Mindestschutzgrad muss IPXXC betragen. Während des Austausches bestimmter Lampen oder Sicherungseinsätze sind Öffnungen erlaubt, die größer sind als für Schutzgrad IPXXC festgelegt.

##### **8.4.6.2 Anforderungen an die Zugängigkeit für befugte Personen während des Betriebs**

###### **8.4.6.2.1 Allgemeines**

Für die Zugängigkeit für befugte Personen während des Betriebs müssen aufgrund von Vereinbarungen zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender eine oder mehrere der folgenden Anforderungen in 8.4.5.2.2 bis 8.4.5.2.4 erfüllt werden. Diese müssen zusätzlich zu dem Basisschutz nach 8.4.2 erfüllt werden.

Falls Türen oder Verkleidungen der Schaltgerätekombination durch befugte Personen mittels Umgehen einer Verriegelung geöffnet werden können, um Zugang zu aktiven Teilen zu bekommen, muss die Verriegelung nach Schließen der Tür(en) oder Einsetzen der Verkleidung(en) automatisch wiederhergestellt werden.

#### **8.4.6.2.2 Anforderungen an die Zugängigkeit für Überwachung und ähnliche Handlungen**

Die Schaltgerätekombination muss so aufgebaut sein, dass die zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender vereinbarten Handlungen durchgeführt werden können, während die Schaltgerätekombination in Betrieb und unter Spannung ist.

Derartige Handlungen dürfen bestehen aus:

- Sichtkontrolle von
  - Schaltgeräten und anderen Betriebsmittel,
  - Einstellungen und Anzeigevorrichtungen bei Relais und Auslösern,
  - Leiterverbindungen und Kennzeichnungen;
- Einstellen und Rücksetzen von Relais, Auslösern und elektronischen Geräten;
- Auswechseln von Sicherungseinsätzen;
- Auswechseln der Leuchtmittel von Leuchtmeldern;
- bestimmte Maßnahmen zur Fehlersuche, z. B. Spannungs- und Strommessungen mit entsprechend gebauten und isolierten Geräten.

#### **8.4.6.2.3 Anforderungen an die Zugängigkeit für Wartungsarbeiten**

Für die zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender vereinbarten Wartungsarbeiten an einer abgetrennten Funktionseinheit oder abgetrennten Gruppe von Funktionseinheiten in der Schaltgerätekombination, während benachbarte Funktionseinheiten oder -gruppen noch unter Spannung stehen, müssen die notwendigen Vorkehrungen getroffen werden. Ihr Umfang hängt von Faktoren, wie z. B. Betriebsbedingungen, Häufigkeit der Wartung, Fachkenntnis der befugten Personen wie auch von örtlichen Errichtungsbestimmungen ab. Derartige Vorkehrungen dürfen beinhalten:

- ausreichenden Abstand zwischen der betroffenen Funktionseinheit oder -gruppe und den benachbarten Funktionseinheiten oder -gruppen. Es wird empfohlen, Teile, die für die Wartung herausgenommen werden können, soweit wie möglich mit unverlierbaren Befestigungsmitteln auszustatten;
- Verwendung von Abdeckungen oder Hindernissen, die dafür vorgesehen und eingebaut sind, gegen direktes Berühren von Betriebsmitteln in angrenzenden Funktionseinheiten oder -gruppen zu schützen;
- Verwendung von Anschlussabdeckungen;
- Verwendung von Abteilen für jede einzelne Funktionseinheit oder -gruppe;
- Einfügen zusätzlicher schützender Hilfsmittel, die vom Hersteller der Schaltgerätekombination geliefert oder festgelegt werden.

#### **8.4.6.2.4 Anforderungen an die Zugängigkeit für Erweiterungen unter Spannung**

Wenn die nachträgliche Erweiterbarkeit einer Schaltgerätekombination durch zusätzliche Funktionseinheiten oder -gruppen gefordert ist, während die übrige Schaltgerätekombination unter Spannung ist, gelten die Anforderungen nach 8.4.5.2.3 nach den Vereinbarungen zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender. Das Gleiche gilt auch für das Einbringen und Anschließen zusätzlicher abgehender Kabel/Leitungen, wenn die vorhandenen Kabel/Leitungen unter Spannung stehen.

Die Erweiterung von Sammelschienen und der Anschluss zusätzlicher Einheiten an deren Einspeisung darf nicht unter Spannung erfolgen, außer die Schaltgerätekombination ist dafür vorgesehen.

#### 8.4.6.2.5 Hindernisse

Hindernisse müssen verhindern:

- entweder unabsichtliche körperliche Näherung zu aktiven Teilen; oder
- unabsichtliches Berühren von aktiven Teilen während des Bedienens von aktiven Betriebsmitteln im üblichen Betrieb.

Hindernisse dürfen ohne Verwendung eines Schlüssels oder Werkzeugs entfernbar sein, sie müssen jedoch so gesichert sein, dass unbeabsichtigtes Entfernen verhindert ist. Der Abstand zwischen einem leitenden Hindernis und dem aktiven Teil, das sie schützen, darf nicht kleiner als der in 8.3 für Luft- und Kriechstrecken festgelegte Wert sein.

Wenn ein leitendes Hindernis nur durch Basisschutz von gefährlichen aktiven Teilen getrennt ist, dann ist es ein Körper und es müssen auch die Maßnahmen für Fehlerschutz angewendet werden.

### 8.5 Einbau von Betriebsmitteln

#### 8.5.1 Einsätze

Bei Einsätzen (siehe 3.2.1) dürfen die Verbindungen der Hauptstromkreise (siehe 3.1.3) nur angeschlossen oder gelöst werden, wenn die Schaltgerätekombination spannungslos ist. Das Herausnehmen und Befestigen dieser Einsätze ist im Allgemeinen nur mit Werkzeug möglich.

Zum Entfernen eines Einsatzes muss die gesamte Schaltgerätekombination oder ein Teil von ihr vom Netz getrennt werden.

Zur Verhinderung unerlaubter Betätigung darf das Schaltgerät mit Vorkehrungen versehen sein, um es in einer oder in mehreren seiner Stellungen zu sichern.

**ANMERKUNG** Wenn Arbeiten an unter Spannung stehenden Stromkreisen zulässig sind, sind die entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen zu beachten.

#### 8.5.2 Herausnehmbare Teile

Herausnehmbare Teile müssen so gebaut sein, dass die eingebauten elektrischen Betriebsmittel sicher vom Hauptstromkreis entfernt oder mit ihm verbunden werden können, während dieser unter Spannung steht. Herausnehmbare Teile dürfen mit einer Codiereinrichtung ausgerüstet sein (siehe 3.2.5).

Die Anforderungen an Luft- und Kriechstrecken (siehe 8.3) müssen während der Bewegung von einer Stellung in die andere eingehalten werden.

Herausnehmbare Teile müssen mit einer Einrichtung versehen sein, die sicherstellt, dass sie nur entfernt oder eingesetzt werden können, nachdem ihr Hauptstromkreis unterbrochen wurde.

Um unbefugte Betätigung zu verhindern, dürfen herausnehmbare Teile oder ihre zugehörigen Einbauorte in der Schaltgerätekombination mit einer Vorrichtung zum Abschließen versehen sein, um sie in einer oder mehreren ihrer Positionen zu sichern.

#### 8.5.3 Auswahl der Betriebsmittel

Die in Schaltgerätekombinationen eingebauten Betriebsmittel müssen den für sie geltenden IEC-Normen entsprechen.

Die Betriebsmittel müssen bezüglich der äußeren Bauform der Schaltgerätekombination (z. B. offen oder geschlossen), ihrer Bemessungsspannungen, Bemessungsströme, Bemessungsfrequenz, Lebensdauer, Ein- und Ausschaltvermögen, Kurzschlussfestigkeit usw. für den betreffenden Anwendungsfall geeignet sein.

Die Bemessungsisolationsspannung und die Bemessungsstoßspannung der im Stromkreis installierten Geräte müssen gleich oder größer sein als die dem Stromkreis zugeordneten Werte. In manchen Fällen kann ein Überspannungsschutz erforderlich sein, z. B. für Betriebsmittel, die der Überspannungskategorie 2 entsprechen (siehe 3.6.11). Wenn die Kurzschlussfestigkeit und/oder das Ausschaltvermögen der Betriebsmittel für die am Aufstellungsort zu erwartende Beanspruchung nicht ausreicht, müssen sie durch strombegrenzende Schutzeinrichtungen, z. B. Sicherungen oder Leistungsschalter, geschützt werden. Bei der Auswahl von strombegrenzenden Schutzeinrichtungen für eingebaute Schaltgeräte müssen die vom Hersteller des Geräts vorgeschriebenen höchstzulässigen Werte berücksichtigt werden; dabei ist auf die Koordination (siehe 9.3.4) zu achten.

Die Koordination von Betriebsmitteln, z. B. die Koordination von Motorstartern zu Kurzschluss-Schutzeinrichtungen, muss den dafür gültigen IEC-Normen entsprechen.

ANMERKUNG Ein Leitfadensystem ist in IEC/TR 61912-1 und IEC/TR 61912-2 enthalten

#### 8.5.4 Einbau der Betriebsmittel

Betriebsmittel müssen entsprechend den Vorgaben ihrer Hersteller so in der Schaltgerätekombination eingebaut und verdrahtet werden, dass ihre einwandfreie Funktion nicht durch Beeinflussung, z. B. Wärme, Schaltemissionen, Erschütterungen, Magnetfelder, die im bestimmungsgemäßen Betrieb auftritt, beeinträchtigt wird. Bei Schaltgerätekombinationen mit elektronischen Betriebsmitteln kann eine Trennung oder Abschirmung aller elektronischen signalverarbeitenden Stromkreise erforderlich sein.

Sind Sicherungen eingebaut, muss der ursprüngliche Hersteller Typ und Bemessungswerte der zu verwendenden Sicherungseinsätze angegeben werden.

#### 8.5.5 Zugänglichkeit

Einstell- und Rückstelleinrichtungen, die innerhalb der Schaltgerätekombination bedient werden müssen, müssen leicht zugänglich sein.

Auf der gleichen Tragkonstruktion (Einbauplatte, Einbaurahmen) befestigte Funktionseinheiten und ihre Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter müssen so angeordnet sein, dass sie für das Befestigen, den Anschluss der Leiter, die Wartung und für einen Austausch zugänglich sind.

Sofern nicht anders zwischen dem Hersteller der Schaltgerätekombination und dem Anwender vereinbart, gelten folgende Anforderungen an die Zugänglichkeit in Verbindung mit auf dem Boden aufgestellten Schaltgerätekombinationen:

- Anschlüsse, außer Schutzleiteranschlüssen, müssen wenigstens 0,2 m über der Standfläche der Schaltgerätekombination so angeordnet sein, dass Kabel und Leitungen leicht anzuschließen sind.
- Anzeigen, die vom Bediener abgelesen werden müssen, müssen in einem Bereich zwischen 0,2 m und 2,2 m über der Standfläche der Schaltgerätekombination angeordnet sein.
- Bedienteile, z. B. Griffe, Drucktaster oder Ähnliches, müssen in der Höhe so angeordnet sein, dass sie leicht bedient werden können; d. h., ihre Mittellinie muss in einem Bereich zwischen 0,2 m und 2 m über der Standfläche der Schaltgerätekombination liegen. Geräte, die selten bedient werden, z. B. weniger als einmal im Monat, dürfen in einer Höhe von bis zu 2,2 m installiert werden.
- Betätigungselemente für NOT-AUS-Einrichtungen (siehe IEC 60364-5-53, 536.4.2) müssen in einem Bereich zwischen 0,8 m und 1,6 m über der Standfläche der Schaltgerätekombination zugänglich angebracht sein.

#### 8.5.6 Abdeckungen

Abdeckungen für handbetätigte Schaltgeräte müssen so angeordnet sein, dass Bediener durch Schaltemissionen nicht gefährdet werden.

Zur Verminderung der Gefährdung beim Auswechseln von Sicherungseinsätzen müssen Phasentrennwände verwendet werden, soweit dies nicht aufgrund der Bauart und Anordnung der Sicherungen überflüssig ist.

### 8.5.7 Betätigungssinn und Anzeige von Schaltstellungen

Die Bedienstellungen von Betriebsmitteln müssen eindeutig gekennzeichnet sein. Wenn der Betätigungssinn nicht mit IEC 60447 übereinstimmt, muss der Betätigungssinn eindeutig gekennzeichnet sein.

### 8.5.8 Leuchtmelder und Drucktaster

Wenn in der zutreffenden Produktnorm nicht anders festgelegt, müssen die Farben von Leuchtmeldern und Drucktastern in Übereinstimmung mit IEC 60073 sein.

## 8.6 Stromkreise und Verbindungen innerhalb von Schaltgerätekombinationen

### 8.6.1 Hauptstromkreise

Die Sammelschienen (blank oder isoliert) müssen so angeordnet werden, dass ein Kurzschluss in der Schaltgerätekombination nicht zu erwarten ist. Sie müssen mindestens entsprechend den Angaben für die Kurzschlussfestigkeit (siehe 9.3) bemessen werden und mindestens so ausgelegt sein, dass sie den Kurzschlussbeanspruchungen standhalten, die aufgrund der Begrenzung durch die Kurzschluss-Schutzeinrichtung(en) auf der Einspeiseseite der Sammelschienen auftreten können.

Innerhalb eines Felds dürfen die Leiter (inklusive der Verteilschienen) zwischen den Hauptsammelschienen und der Einspeiseseite von Funktionseinheiten einschließlich der Bauteile dieser Einheiten für die verminderte Kurzschlussbeanspruchung bemessen sein, die auf der Ausgangsseite der Kurzschluss-Schutzeinrichtung dieser Einheit auftritt, vorausgesetzt, dass diese Verbindungen so angeordnet sind, dass unter bestimmungsgemäßen Betriebsbedingungen kein Kurzschluss zwischen Außenleitern und/oder zwischen Außenleitern und geerdeten Teilen zu erwarten ist (siehe 8.6.4).

Sofern nicht anders zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender vereinbart, muss der Mindestquerschnitt des Neutralleiters in einem 3-phasigen Stromkreis mit Neutralleiter wie folgt bemessen sein:

- in Stromkreisen mit einem Außenleiterquerschnitt bis einschließlich  $16 \text{ mm}^2$  100 % der zugehörigen Außenleiter;
- in Stromkreisen mit einem Außenleiterquerschnitt über  $16 \text{ mm}^2$  50 % der zugehörigen Außenleiter, mindestens  $16 \text{ mm}^2$ .

Es wird angenommen, dass der Neutralleiterstrom 50 % der Außenleiterströme nicht überschreitet.

**ANMERKUNG** Für bestimmte Anwendungen, bei denen starke Oberschwingungen des Nullsystems auftreten (d. h. Oberschwingungen der 3. Ordnung, üblicherweise durch elektronische Stromversorgungen, Frequenzumformer, Leuchtstofflampen) könnten größere Querschnitte für den N-Leiter erforderlich sein, weil sich diese Oberschwingungen der Außenleiter im N-Leiter addieren und einen hohen Strom bei höheren Frequenzen verursachen. Dies ist Gegenstand einer besonderen Vereinbarung zwischen dem Hersteller der Schaltgerätekombination und dem Anwender.

Der PEN-Leiter muss entsprechend 8.4.3.2.3 dimensioniert werden.

### 8.6.2 Hilfsstromkreise

Bei der Planung der Hilfsstromkreise muss die Art der Erdverbindung der versorgenden Stromquelle berücksichtigt werden, und es muss sichergestellt werden, dass ein Körper- oder Erdschluss nicht zu unkontrollierter Gefahr bringenden Betriebszuständen führt.

Hilfsstromkreise müssen im Allgemeinen gegen die Auswirkungen von Kurzschlüssen geschützt sein. Die Kurzschluss-Schutzeinrichtung muss jedoch entfallen, wenn durch das Unterbrechen des Hilfsstromkreises eine Gefahr entstehen kann. Die Leiter in den Hilfsstromkreisen müssen dann so angeordnet werden, dass kein Kurzschluss zu erwarten ist (siehe 8.6.4).

### 8.6.3 Blanke und isolierte Leiter

Die Verbindungen stromführender Teile dürfen sich unter der betriebsmäßigen Erwärmung, Alterung der Isolierstoffe und der im bestimmungsgemäßen Betrieb auftretenden Erschütterungen nicht unzulässig verändern. Besonders ist der Einfluss der Wärmedehnung und der Einfluss der elektrolytischen Wirkungen bei unterschiedlichen Metallen sowie die Beständigkeit der Werkstoffe bei den auftretenden Temperaturen zu berücksichtigen.

Die Verbindungen zwischen stromführenden Teilen müssen einen ausreichenden und dauerhaften Kontaktdruck sicherstellen.

Wenn der Nachweis der Erwärmung auf Grundlage der Prüfungen (siehe 10.10.2) erfolgt, liegt die Auswahl der Leiter und ihrer Querschnitte innerhalb der Schaltgerätekombination in der Verantwortung des ursprünglichen Herstellers. Wenn der Nachweis der Erwärmung nach den Regeln in 10.10.3 erfolgt, müssen die Leiter einen Mindestquerschnitt entsprechend IEC 60364-5-52 haben. Beispiele zur Anwendung dieser Norm für Bedingungen innerhalb einer Schaltgerätekombination werden in den Tabellen im Anhang H gegeben. Außer durch die Strombelastbarkeit der Leiter wird die Auswahl bestimmt durch:

- die mechanische Beanspruchung, der die Schaltgerätekombination ausgesetzt sein könnte;
- die Art der Verlegung und Befestigung der Leiter;
- die Art der Isolierung;
- die Art der angeschlossenen Bauteile (z. B. Schaltgeräte nach IEC 60947, elektronische Geräte oder Betriebsmittel).

Im Falle von isolierten massiven oder flexiblen Leitern:

- Sie müssen wenigstens für die Bemessungsisolationsspannung (siehe 5.2.3) des betreffenden Stromkreises bemessen sein.
- Leiter dürfen zwischen zwei Klemmstellen keine Verbindungsstelle z. B. Flickstelle oder Lötstelle haben.
- Leiter nur mit Basisisolierung dürfen blanke aktive Teile anderen Potentials nicht berühren.
- Kontakt von Leitern mit scharfen Kanten muss verhindert werden.
- Zuleitungen zu Betriebsmitteln und Messgeräten in Verkleidungen oder Türen müssen so angebracht sein, dass sie beim Bewegen der Verkleidungen oder Türen mechanisch nicht beschädigt werden.
- Lötverbindungen an Betriebsmitteln sind in Schaltgerätekombinationen nur zulässig, wenn diese Betriebsmittel dafür geeignet sind und die vorgegebene Leiterart eingesetzt wird.
- Außer an oben genannten Betriebsmitteln sind gelötete Kabelschuhe oder verlötete Enden von mehrdrähtigen Leitern für den Einsatz unter starken Erschütterungen nicht zulässig. Wenn im bestimmungsgemäßen Betrieb starke Erschütterungen, z. B. beim Betrieb von Baggern und Kranen, auf Schiffen, bei Hebezeugen, auf Lokomotiven, auftreten, sollte auf die Halterung der Leiter geachtet werden.
- Im Allgemeinen sollte an einem Anschluss nur ein Leiter angeschlossen werden; das Anschließen von zwei oder mehr Leitern an einen Anschluss ist nur zulässig, wenn der Anschluss für diesen Zweck vorgesehen ist.

Die Dimensionierung von fester Isolierung zwischen getrennten Stromkreisen muss auf dem Stromkreis mit der höchsten Bemessungsisolationsspannung beruhen.

### 8.6.4 Auswahl und Verlegung von nicht geschützten aktiven Leitern, um die Möglichkeit von Kurzschlüssen zu reduzieren

Aktive Leiter einer Schaltgerätekombination, die nicht durch Kurzschluss-Schutzeinrichtungen geschützt sind (siehe 8.6.1 und 8.6.2), müssen in ihrem gesamten Verlauf in der Schaltgerätekombination so ausgewählt und verlegt sein, dass zwischen den Außenleitern oder zwischen Außenleitern und geerdeten Teilen kein Kurzschluss zu erwarten ist. Beispiele für die Leiterarten und die Anforderungen an die Verlegung sind in Tabelle 4 gegeben. Ungeschützte aktive Leiter, ausgewählt und installiert nach Tabelle 4, dürfen eine Gesamtlänge von 3 m zwischen der Hauptsammelschiene und jeder zugehörigen SCPD nicht überschreiten.

### 8.6.5 Kennzeichnung der Leiter in Haupt- und Hilfsstromkreisen

Mit Ausnahme der in 8.6.6 erwähnten Fälle unterliegen Art und Umfang der Kennzeichnung der Leiter an den Anschlüssen, an die diese Leiter angeschlossen sind oder an den Leitungsenden selbst, z. B. durch Anordnung, Farben oder Symbole (Bildzeichen), der Verantwortung des Herstellers der Schaltgerätekombination und müssen mit den Angaben in Schaltplänen und Zeichnungen übereinstimmen. Soweit möglich, muss eine Kennzeichnung nach IEC 60445 und IEC 60446 angewendet werden.

### 8.6.6 Kennzeichnung des Schutzleiters (PE, PEN) und des Neutralleiters (N) in Hauptstromkreisen

Der Schutzleiter muss durch Anordnung und/oder Kennzeichnung oder Farbe leicht erkennbar sein. Wenn eine Farbkennzeichnung verwendet wird, muss sie grün-gelb (zweifärbig) sein, welche ausschließlich für Schutzleiter reserviert ist. Wird als Schutzleiter eine isolierte einadrige Leitung verwendet, muss diese Farbkennzeichnung verwendet werden, vorzugsweise über die ganze Länge.

Ein Neutralleiter im Hauptstromkreis sollte durch Anordnung und/oder Kennzeichnung oder Farbe leicht erkennbar sein (siehe 60446).

### 8.7 Wärmeabfuhr

Für Schaltgerätekombinationen kann natürliche Belüftung und/oder aktive Kühlung (z. B. Zwangsbelüftung, innere Klimatisierung, Wärmetauscher usw.) vorgesehen sein. Wenn am Einbauort Sondermaßnahmen für die einwandfreie Wärmeabfuhr notwendig sind, muss der Hersteller der Schaltgerätekombination die erforderlichen Angaben machen (z. B. Einhaltung von Abständen gegenüber Teilen, die die Wärmeabfuhr behindern können oder selbst Wärme erzeugen).

### 8.8 Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter

Der Hersteller der Schaltgerätekombination muss angeben, ob die Anschlüsse für Leiter aus Kupfer oder Aluminium oder für beide Werkstoffe geeignet sind. Die Anschlüsse müssen so ausgeführt sein, dass die von außen eingeführten Leiter durch Schrauben, Steckanschlüsse usw. angeschlossen werden können und sichergestellt ist, dass die für die Strombemessung und die Kurzschlussfestigkeit der Betriebsmittel und des Stromkreises benötigte Kontaktkraft aufrechterhalten bleibt.

Soweit keine besonderen Vereinbarungen zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender getroffen sind, müssen die Anschlüsse Leiter aus Kupfer vom kleinsten bis zum größten Querschnitt, zugeordnet zum Bemessungsstrom, aufnehmen können (siehe Anhang A).

Wenn Leiter aus Aluminium angeschlossen werden sollen, sind Art, Größe und Anschlussverfahren der Leiter entsprechend der Vereinbarung zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender auszuführen.

Für den Anschluss von außen eingeführter Leiter für elektronische Stromkreise mit kleinen Strömen und kleinen Spannungen (kleiner als 1 A und kleiner als AC 50 V oder DC 120 V) an eine Schaltgerätekombination gilt Tabelle A.1 nicht.

Der verfügbare Anschlussraum muss das ordnungsgemäße Anschließen der vorgegebenen, von außen eingeführten Leiter und bei mehradrigen Kabeln/Leitungen das Aufspießen der Adern zulassen.

**ANMERKUNG 1** In den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) und in Mexiko sollten die National Electrical Codes zur Ermittlung des erforderlichen Mindest-Anschlussraums verwendet werden. In den USA ist NFPA 70, Artikel 312 anwendbar. In Mexiko ist NOM-001-SEDE anwendbar. In Kanada sind der Raum für Anschluss und Ausbiegen der Leitungen in dem Canadian Electrical Code, Part 2 Standard, C22.2 No. 0.12, Wire Space and Wire Bending Space in Enclosures for Equipment Rated 750 V or Less, festgelegt.

Die Leiter dürfen keinen Beanspruchungen ausgesetzt werden, die ihre übliche Lebensdauererwartung vermindern.

## — Entwurf —

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

Soweit keine anderen Vereinbarungen zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender vorliegen, müssen in Drehstromkreisen mit Neutralleiter an die Anschlüsse für den Neutralleiter Kupferleiter mit folgendem Mindestquerschnitt angeschlossen werden können:

- mit halbem Querschnitt des Außenleiters, falls dieser größer ist als  $16 \text{ mm}^2$ ; Mindestwert des Neutralleiters jedoch  $16 \text{ mm}^2$ ;
- mit demselben Querschnitt wie der Außenleiter, wenn dessen Querschnitt gleich oder kleiner als  $16 \text{ mm}^2$  ist.

**ANMERKUNG 2** Bei einem anderen Leiterwerkstoff als Kupfer sollten die oben genannten Leiterquerschnitte durch Querschnitte mit äquivalenter Leitfähigkeit ersetzt werden; in diesem Fall können Anschlüsse für größere Querschnitte notwendig sein.

**ANMERKUNG 3** Für bestimmte Anwendungen, die zu hohen Werten der Oberschwingungen der 3., 6. oder 9. Ordnung (d. h. elektronische Stromversorgungen, Frequenzumformer, Leuchtstofflampen) führen, könnten größere Querschnitte für den N-Leiter erforderlich sein, weil sich diese Oberschwingungen der Phasen im N-Leiter addieren und einen hohen Strom bei höheren Frequenzen verursachen. Dies ist Gegenstand einer besonderen Vereinbarung zwischen dem Hersteller der Schaltgerätekombination und dem Anwender.

Vorgesehene Anschlüsse für ankommende und abgehende Neutralleiter, Schutzleiter und PEN-Leiter müssen in der Nähe der zugehörigen Außenleiteranschlüsse angeordnet werden.

Öffnungen in Kabel-/Leitungseinführungen, Abschlussplatten usw. müssen so ausgeführt sein, dass nach ordnungsgemäßem Einbringen der Kabel/Leitungen die vorgesehenen Schutzmaßnahmen gegen Berühren und die vorgesehene Schutzart erreicht werden. Dies erfordert, dass die vom Hersteller der Schaltgerätekombination für den jeweiligen Anwendungsfall angegebenen Mittel zum Einführen verwendet werden.

Anschlüsse für von außen herangeführte Schutzleiter müssen nach IEC 60445 gekennzeichnet werden. Ein Beispiel ist das Symbol  Reg. Nr. 5019 nach IEC 60417. Dieses Bildzeichen darf entfallen, wenn für den von außen herangeführten Schutzleiter ein Anschluss an einem innenliegenden Schutzleiter vorgesehen ist, der eindeutig mit den Farben Grün und Gelb gekennzeichnet ist.

Die Anschlüsse für von außen herangeführte Schutzleiter (PE, PEN) und für Metallmäntel von Kabeln/Leitungen (Stahl-Installationsrohr, Bleimantel usw.) müssen, soweit erforderlich, kontaktblank sein. Wenn nichts anderes angegeben ist, müssen sie für den Anschluss von Kupferleitern geeignet sein. Für den Schutzleiter eines jeden abgehenden Stromkreises ist ein getrennter Anschluss geeigneter Größe vorzusehen.

Wenn nichts anderes zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender vereinbart ist, müssen Anschlüsse für Schutzleiter für den Anschluss von Kupferleitern mit einem Querschnitt basierend auf dem Querschnitt des entsprechenden Außenleiters nach Tabelle 5 geeignet sein.

Bei Umhüllungen und Leitern aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen muss besonders auf die Gefahr der elektrolytischen Korrosion geachtet werden. Die Anschlussmittel, die die durchgehende Verbindung der leitfähigen Teile mit dem äußeren Schutzleiter sicherstellen, dürfen keine andere Funktion haben.

**ANMERKUNG 4** Besondere Vorkehrungen können bei metallischen Teilen der Schaltgerätekombination, insbesondere Leitungseinführungsplatten, erforderlich sein, wenn diese mit einer besonders widerstandsfähigen Oberfläche, zum Beispiel Pulverbeschichtung, versehen sind.

Wenn nicht anders festgelegt muss die Kennzeichnung von Anschlüssen mit IEC 60445 übereinstimmen.

## 9 Anforderungen an das Verhalten

### 9.1 Isolationseigenschaften

#### 9.1.1 Allgemeines

Jeder Stromkreis der Schaltgerätekombination muss:

- zeitweiligen Überspannungen;
- transienten Überspannungen

standhalten können.

Die Fähigkeit, zeitweiligen Überspannungen zu widerstehen und die Unversehrtheit der festen Isolierung werden durch die Prüfung der betriebsfrequenten Spannungsfestigkeit nachgewiesen. Die Fähigkeit, transienten Überspannungen standzuhalten, wird durch die Prüfung der Stoßspannungsfestigkeit nachgewiesen.

#### 9.1.2 Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit

Die Stromkreise einer Schaltgerätekombination müssen die entsprechende betriebsfrequente Spannungsfestigkeit nach Tabelle 8 und Tabelle 9 besitzen (siehe 10.9.2.1). Die Bemessungsisolationsspannung jedes Stromkreises einer Schaltgerätekombination muss größer oder gleich der höchsten Betriebsspannung sein.

#### 9.1.3 Stoßspannungsfestigkeit

##### 9.1.3.1 Stoßspannungsfestigkeit von Hauptstromkreisen

Luftstrecken zwischen aktiven Teilen und Körpern der Schaltgerätekombination und Luftstrecken zwischen aktiven Teilen unterschiedlichen Potentials müssen in der Lage sein, der Prüfspannung in Tabelle 10 entsprechend der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit standzuhalten.

Die Bemessungsstoßspannungsfestigkeit für eine gegebene Bemessungsbetriebsspannung darf nicht kleiner sein als der Wert im Anhang G, der der Nennspannung der Stromversorgung des Stromkreises, an den die Schaltgerätekombination angeschlossen ist entspricht, und der Überspannungskategorie,.

##### 9.1.3.2 Stoßspannungsfestigkeit von Hilfsstromkreisen

Hilfsstromkreise, die an den Hauptstromkreis angeschlossen sind, und mit dessen Bemessungsbetriebsspannung sowie ohne zusätzliche Maßnahmen zur Reduzierung von Überspannungen betrieben werden, müssen die Anforderungen von 9.1.3.1 erfüllen.

Hilfsstromkreise, die nicht an den Hauptstromkreis angeschlossen sind, dürfen eine vom Hauptstromkreis abweichende Überspannungsfestigkeit haben. Luftstrecken solcher Kreise – AC oder DC – müssen die entsprechende Stoßspannungsfestigkeit nach Anhang G aufweisen.

#### 9.1.4 Schutz von Überspannungs-Schutzeinrichtungen

Wenn die Überspannungsbedingungen den Anschluss von Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs) an den Hauptstromkreis erfordern, müssen solche SPDs zur Vermeidung von unkontrollierten Kurzschlussbedingungen entsprechend den Angaben des Herstellers der SPDs geschützt sein.

### 9.2 Grenzübertemperaturen

Die Grenzübertemperaturen in Tabelle 6 gelten für mittlere Umgebungstemperaturen von 35 °C und dürfen bei Schaltgerätekombinationen beim Nachweis nach 10.10 nicht überschritten werden.

Die Erwärmung eines Bauteils oder eines Teils davon ist die Differenz zwischen der Temperatur dieses Teils, wenn sie nach 10.10.2.3.3 gemessen wird, und der Umgebungstemperatur außerhalb der Schaltgerätekombination. Wenn die mittlere Umgebungstemperatur höher als 35°C ist, müssen die Grenzüberemperaturen so an diese besonderen Betriebsbedingungen angepasst werden, dass die Summe aus Umgebungstemperatur und Grenzüberemperatur gleich bleibt. Wenn die mittlere Umgebungstemperatur niedriger als 35°C ist, dann ist unter der Voraussetzung einer Vereinbarung zwischen Anwender und Hersteller der Schaltgerätekombination eine ebensolche Anpassung der Grenzüberemperaturen erlaubt,

Die Erwärmung darf an stromführenden Teilen oder benachbarten Teilen keine Schäden verursachen. Besonders für Isolierstoffe muss der ursprüngliche Hersteller dies entweder durch Verweis auf den Temperaturindex des Isolierstoffs (bestimmt zum Beispiel mit einem Verfahren nach IEC 60216) oder durch Übereinstimmung mit IEC 60085 nachweisen.

ANMERKUNG 1 Wenn die Grenzüberemperaturen verändert wurden, um sie an abweichende Umgebungstemperaturen anzupassen, kann es erforderlich sein, die Bemessungsströme aller Sammelschienen, Funktionseinheiten usw. entsprechend zu verändern. Der ursprüngliche Hersteller sollte die Maßnahmen angeben, welche gegebenenfalls erforderlich sind um die Einhaltung der Grenzüberemperaturen sicherzustellen. Für Umgebungstemperaturen bis 50 °C kann dies durch Berechnung erfolgen, unter der Annahme, dass die Überemperatur eines jeden Betriebsmittels proportional zur in diesem Betriebsmittel erzeugten Verlustleistung ist. Es gibt Geräte, deren Verlustleistung im Wesentlichen proportional zu  $I^2$  ist und andere mit im Wesentlichen konstanter Verlustleistung.

ANMERKUNG 2 In den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) und in Mexiko werden die National Electrical Codes zur Festlegung der maximal zulässigen Erwärmung verwendet. In den USA gilt der National Electrical Code, NFPA 70, Artikel 110.14C. In Mexiko gilt NOM-001-SEDE. Für diese Anwendungen sollte die Erwärmung nach Anhang M, Tabelle M.1 ausgewählt werden. Für Anwendungen in Kanada ist die maximal zulässige Erwärmung im Canadian Electrical Code, Part 2 Product Safety Standards festgelegt.

### 9.3 Kurzschlusschutz und Kurzschlussfestigkeit

#### 9.3.1 Allgemeines

Schaltgerätekombinationen müssen den thermischen und dynamischen Beanspruchungen standhalten, die durch Kurzschlussströme bis zu den Bemessungswerten verursacht werden.

ANMERKUNG 1 Die Kurzschlussbeanspruchung darf durch den Einbau strombegrenzender Betriebsmittel (Induktivitäten, strombegrenzende Sicherungen oder andere strombegrenzende Schaltgeräte) vermindert werden.

Schaltgerätekombinationen müssen z. B. durch Leistungsschalter, Sicherungen oder durch eine Kombination von beiden gegen die Auswirkungen von Kurzschlussströmen geschützt werden; die Kurzschluss-Schutzeinrichtungen dürfen in der Schaltgerätekombination oder außerhalb angeordnet sein.

ANMERKUNG 2 Bei Schaltgerätekombinationen für IT-Systeme (Siehe IEC 60364-5-52) sollte die Kurzschluss-Schutzeinrichtung in jedem einzelnen Pol ein angemessenes Schaltvermögen für die verkettete Spannung haben, um einen Doppelerdschluss abschalten zu können.

ANMERKUNG 3 Wenn in den Bedienungsanleitungen und Wartungsanweisungen des Herstellers der Schaltgerätekombination nicht anders angegeben, können Schaltgerätekombinationen, die einem Kurzschluss ausgesetzt wurden, nicht mehr für den weiteren Betrieb ohne Durchsicht und/oder Wartung durch eine Elektrofachkraft geeignet sein.

#### 9.3.2 Angaben über die Kurzschlussfestigkeit

Bei Schaltgerätekombinationen mit in der Einspeisung eingebauter Kurzschluss-Schutzeinrichtung (SCPD) muss der Hersteller der Schaltgerätekombination den höchstzulässigen unbeeinflussten Kurzschlussstrom an den Einspeiseanschlüssen der Schaltgerätekombination angeben. Dieser Wert darf die angegebenen Bemessungswerte nicht überschreiten (siehe 5.3.4, 5.3.5 und 5.3.6). Für die zugehörigen Werte von Leistungsfaktor und Scheitelwerten gilt 9.3.3.

Falls ein Leistungsschalter mit verzögertem Auslöser als Kurzschluss-Schutzeinrichtung verwendet wird, muss der Hersteller der Schaltgerätekombination die größte Verzögerungszeit und den Einstellwert des Stroms entsprechend dem angegebenen unbeeinflussten Kurzschlussstrom angeben.

Bei Schaltgerätekombinationen ohne eingebaute Kurzschluss-Schutzeinrichtung in der Einspeisung muss der Hersteller der Schaltgerätekombination die Kurzschlussfestigkeit in einer oder mehreren der folgenden Arten angeben:

- a) Die Bemessungskurzzeitstromfestigkeit ( $I_{cw}$ ), zusammen mit der zugehörigen Dauer (siehe 5.3.5), und die Bemessungsstoßstromfestigkeit ( $I_{pk}$ ) (siehe 5.3.4).
- b) Die bedingte Bemessungskurzschlussstromfestigkeit ( $I_{cc}$ ) (siehe 5.3.6).

Für Zeitwerte bis zu einem Höchstwert von 3 s gilt für die Beziehung zwischen Bemessungskurzzeitstrom und der zugehörigen Dauer die Gleichung  $I^2 t = \text{konstant}$ , vorausgesetzt, der Scheitelwert überschreitet nicht den Wert der Bemessungsstoßstromfestigkeit.

Der Hersteller der Schaltgerätekombination muss die Kenndaten für die erforderlichen Kurzschluss-Schutzeinrichtungen für den Schutz der Schaltgerätekombination angeben.

Für eine Schaltgerätekombination mit mehreren Einspeisungen, deren gleichzeitiger Betrieb unwahrscheinlich ist, darf die Kurzschlussfestigkeit für jede Einspeisung wie oben beschrieben angegeben werden.

Für eine Schaltgerätekombination mit mehreren Einspeisungen, die gleichzeitig in Betrieb sein können, und für eine Schaltgerätekombination mit einer Einspeisung und einem oder mehreren Abgängen mit großer Leistung, die voraussichtlich zum Kurzschlussstrom beitragen, ist es notwendig, den unbeeinflussten Kurzschlussstrom in jeder Einspeisung, in jedem Abgang und auf den Sammelschienen basierend auf den Angaben des Anwenders zu bestimmen.

### 9.3.3 Beziehung zwischen Stoßstrom und Kurzzeitstrom

Für die Bestimmung der elektrodynamischen Beanspruchung muss der Wert des Stoßstroms durch Multiplikation des Effektivwerts des Kurzschlussstroms mit dem Faktor  $n$  ermittelt werden. Werte des Faktors  $n$  und des zugehörigen Leistungsfaktors enthält Tabelle 7.

### 9.3.4 Koordination von Schutzeinrichtungen

Die Koordination von Schutzeinrichtungen in der Schaltgerätekombination mit denen außerhalb der Schaltgerätekombination muss zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender vereinbart werden. Angaben in den Katalogen des Herstellers der Schaltgerätekombination dürfen solche Vereinbarungen ersetzen.

Wenn die Betriebsbedingungen eine kontinuierliche Energieversorgung verlangen, sollten die Kurzschluss-Schutzeinrichtungen in Schaltgerätekombinationen möglichst so eingestellt oder ausgewählt werden, dass Selektivität erreicht wird. Das bedeutet, dass ein Kurzschluss in einem beliebigen Abgang durch das Schaltgerät in dem fehlerhaften Stromkreis abgeschaltet wird, ohne dass andere Abgänge beeinträchtigt werden.

Wo Kurzschluss-Schutzeinrichtungen in Reihe geschaltet sind und gleichzeitig auslösen sollen, um das geforderte Kurzschluss-Schaltvermögen zu erreichen (d. h. Backup-Schutz), muss der Hersteller der Schaltgerätekombination den Anwender darüber informieren (z. B. durch einen Warnhinweis in der Schaltgerätekombination oder in der Bedienungsanleitung, siehe 6.2), dass keine der Schutzeinrichtungen durch ein anderes Gerät eines abweichenden Typs oder abweichender Bemessung ersetzt werden darf, da das Schaltvermögen der in Reihe geschalteten Kurzschluss-Schutzeinrichtungen beeinträchtigt werden könnte. Der Ersatz durch ein anderes Gerät eines abweichenden Typs oder abweichender Bemessung ist nur zulässig, wenn dieses Gerät in Kombination mit dem Backup-Gerät geprüft und bestätigt wurde.

## 9.4 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Für Anforderungen an das Verhalten bezogen auf EMV siehe Anhang J, J.9.4.

## 10 Bauartnachweis

### 10.1 Allgemeines

Der Bauartnachweis dient zum Nachweis der Übereinstimmung der Bauart der Schaltgerätekombination oder des Schaltgerätekombinationssystems mit den Anforderungen dieser Reihe der Normen. Die Prüfungen sind an einem repräsentativen, neuwertigen Prüfling einer Schaltgerätekombination durchzuführen.

Wenn Prüfungen der Schaltgerätekombination nach der Reihe IEC 60439 durchgeführt worden sind, und die Prüfergebnisse die Anforderungen des zutreffenden Teils von IEC 61439 erfüllen, braucht der Nachweis dieser Anforderungen nicht wiederholt zu werden.

Die Wiederholung von Nachweisen entsprechend den Produktnormen für die in der Schaltgerätekombination eingebauten Schaltgeräte oder Bauteile ist nicht erforderlich, wenn diese nach 8.5.3 ausgewählt und übereinstimmend mit den Anweisungen ihrer Hersteller eingebaut wurden. Prüfungen an individuellen Geräten entsprechend ihren Produktnormen sind keine Alternative zum Bauartnachweis nach dieser Norm für Schaltgerätekombinationen.

Die verschiedenartigen Verfahren sind:

- Nachweis durch Prüfung;
- Nachweis durch Vergleich mit einer geprüften Referenzkonstruktion;
- Nachweis durch Begutachtung, Bestätigung der richtigen Anwendung von Berechnungs- und Konstruktionsregeln, einschließlich des Anwendens der angemessenen Sicherheitszuschläge.

Wenn es für einen Nachweis mehr als ein Verfahren gibt, werden diese als gleichwertig angesehen und die Auswahl des angemessenen Verfahrens liegt in der Verantwortung des ursprünglichen Herstellers. Siehe Anhang D.

Der Nachweis durch Prüfung (z. B. Kurzschlussprüfung) kann das Verhalten einer Schaltgerätekombination beeinträchtigen. Diese Prüfungen sollten nicht an einer Schaltgerätekombination durchgeführt werden, die in Betrieb genommen werden soll.

Für eine Schaltgerätekombination, die übereinstimmend mit dieser Norm von einem ursprünglichen Hersteller (siehe 3.10.1) nachgewiesen und von einem anderen hergestellt oder zusammengebaut wurde, ist eine Wiederholung der ursprünglichen Bauartnachweise nicht erforderlich, wenn alle vom ursprünglichen Hersteller festgelegten und bereitgestellten Anforderungen und Anweisungen vollständig erfüllt werden. Wenn der Hersteller der Schaltgerätekombination Veränderungen vornimmt, die nicht in die Nachweise des ursprünglichen Herstellers eingeschlossen sind, wird der Hersteller der Schaltgerätekombination für diese Veränderungen als ursprünglicher Hersteller angesehen.

Der Stücknachweis muss an jeder fertigen Schaltgerätekombination in Übereinstimmung mit Abschnitt 11 erfolgen.

Der Bauartnachweis muss Folgendes beinhalten:

- 1) Konstruktion:
  - 10.2 Festigkeit von Werkstoffen und Teilen;
  - 10.3 Schutzart von Umhüllungen;
  - 10.4 Luft- und Kriechstrecken;
  - 10.5 Schutz gegen elektrischen Schlag und Durchgängigkeit von Schutzleiterkreisen;
  - 10.6 Einbau von Betriebsmitteln;

- 10.7 Innere Stromkreise und Verbindungen;
- 10.8 Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter.

2) Verhalten:

- 10.9 Isolationseigenschaften;
- 10.10 Erwärmung;
- 10.11 Kurzschlussfestigkeit;
- 10.12 Elektromagnetische Verträglichkeit;
- 10.13 Mechanische Funktion.

Die Festlegung der Zahl der für die Nachweise verwendeten Schaltgerätekombinationen oder von Teilen davon und die Reihenfolge der Nachweise liegen in der Verantwortung des ursprünglichen Herstellers.

Die verwendeten Daten, die Berechnungen und die durchgeführten Vergleiche für die Nachweise der Schaltgerätekombination sind in einem Prüfbericht zu dokumentieren.

## 10.2 Festigkeit von Werkstoffen und Teilen

### 10.2.1 Allgemeines

Die mechanische, elektrische und thermische Tauglichkeit der verwendeten Werkstoffe und Teile der Schaltgerätekombination gilt durch Nachweis der Konstruktions- und Verhaltenseigenschaften als nachgewiesen.

Wird ein Leergehäuse nach IEC 62208 verwendet und wurden daran keine Änderungen vorgenommen, die die Tauglichkeit der Umhüllung beeinträchtigen können, ist eine weitere Prüfung der Umhüllung nach 10.2 nicht erforderlich.

### 10.2.2 Korrosionsbeständigkeit

#### 10.2.2.1 Prüfverfahren

Die Korrosionsbeständigkeit ist an repräsentativen Prüflingen von Umhüllungen aus Eisenmetallen einschließlich innerer und äußerer Konstruktionsteile der Schaltgerätekombination aus Eisenmetallen nachzuweisen.

Die Prüfung ist durchzuführen an:

- einer Umhüllung oder an einem repräsentativen Muster einer Umhüllung wie im bestimmungsgemäßen Gebrauch, mit montierten repräsentativen inneren Teilen und geschlossener(n) Tür(en); oder
- repräsentativen Umhüllungsteilen und inneren Teilen separat.

In jedem Fall sind Scharniere, Schlösser und Befestigungsteile zu prüfen, außer sie wurden vorher vergleichbaren Prüfungen unterworfen und ihre Korrosionsbeständigkeit wurde durch die Anwendung nicht beeinträchtigt.

Wird die Umhüllung der Prüfung unterzogen, muss sie nach den Angaben des ursprünglichen Herstellers der Schaltgerätekombination wie für bestimmungsgemäßen Gebrauch aufgestellt werden.

Die Prüfmuster müssen neuwertig sein und müssen nach Schärfe A oder B geprüft werden, wie in 10.2.2.2 und 10.2.2.3 beschrieben.

ANMERKUNG Die Salznebelprüfung erzeugt eine Atmosphäre, die die Korrosion beschleunigt und lässt nicht den Schluss zu, dass die Schaltgerätekombination für salzhaltige Atmosphäre geeignet ist.

#### 10.2.2.2 Prüfungen nach Schärfe A

Diese Prüfung gilt für:

- Umhüllungen aus Metall für Innenraumaufstellung;
- äußere Metallteile von Schaltgerätekombinationen für Innenraumaufstellung;
- innere Metallteile von Schaltgerätekombinationen für Innenraum- und Freiluftaufstellung, von denen die mechanische Funktion abhängt.

Diese Prüfung besteht aus:

6 Zyklen der Prüfung mit feuchter Wärme nach IEC 60068-2-30 (Prüfung Db) von jeweils 24 h bei  $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$  und einer relativen Luftfeuchte von 95 %

und

2 Zyklen der Salznebelprüfung nach IEC 60068-2-11, Prüfung Ka: Salznebel, von jeweils 24 h bei einer Temperatur von  $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .

#### 10.2.2.3 Prüfungen nach Schärfe B

Diese Prüfung gilt für:

- Umhüllungen aus Metall für Freiluftaufstellung;
- äußere Metallteile von Schaltgerätekombinationen für Freiluftaufstellung.

Die Prüfung umfasst zwei identische 12-Tage-Perioden.

Jede 12-Tage-Periode umfasst:

5 Zyklen der Prüfung mit feuchter Wärme nach IEC 60068-2-30 (Prüfung Db) von jeweils 24 h bei  $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$  und einer relativen Luftfeuchte von 95 %

und

7 Zyklen der Salznebelprüfung nach IEC 60068-2-11, Prüfung Ka: Salznebel, von jeweils 24 h bei einer Temperatur von  $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$ .

#### 10.2.2.4 Bewertung der Prüfung

Nach der Prüfung werden die Umhüllungen oder Prüfmuster 5 min in fließendem Leitungswasser gewaschen, mit destilliertem oder demineralisiertem Wasser abgespült und dann geschüttelt oder mit Luft angeblasen, um Wassertropfen zu entfernen. Die Prüfmuster werden anschließend für 2 h unter üblichen Betriebsbedingungen gelagert.

Durch eine Sichtprüfung wird festgestellt, dass

- keine Anzeichen von Eisenoxid, keine Risse oder andere Verschlechterungen sichtbar sind, die über das nach ISO 4628-3 für einen Rostgrad Ri 1 Erlaubte hinausgehen. Eine Alterung der Oberfläche der Schutzbeschichtung ist jedoch zulässig. Im Zweifelsfall muss im Zusammenhang mit Farbe und Lack nachgewiesen werden, dass die Prüfmuster dem Vergleichsmuster Ri 1 nach ISO 4628-3 entsprechen;
- die mechanische Beschaffenheit nicht beeinträchtigt ist;
- Dichtungen nicht beschädigt sind;
- Türen, Scharniere, Schlösser und Befestigungsteile ohne außergewöhnlichen Kraftaufwand betätigt werden können.

### 10.2.3 Eigenschaften von Isolierwerkstoffen

#### 10.2.3.1 Nachweis der Wärmebeständigkeit von Umhüllungen

Die Wärmebeständigkeit von Umhüllungen aus Isolierstoff muss durch die Prüfung mit trockener Wärme nachgewiesen werden. Die Prüfung muss entsprechend IEC 60068-2-2, Prüfung Bb, bei einer Temperatur von 70 °C, mit natürlicher Belüftung über 168 h und mit einer Erholzeit von 96 h durchgeführt werden.

Teile, die nur dekorativen Zwecken dienen und keine technische Bedeutung haben, werden bei dieser Prüfung nicht berücksichtigt.

Die Umhüllung wird wie für bestimmungsgemäßen Gebrauch aufgebaut und in einem Wärmeschrank mit natürlicher Belüftung mit einer Atmosphäre, die in Zusammensetzung und Druck der Umgebungsluft entspricht, einer Prüfung unterzogen. Wenn die Abmessungen der Umhüllung zu groß für den verfügbaren Wärmeschrank sind, darf die Prüfung auch an einem repräsentativen Prüfmuster der Umhüllung ausgeführt werden.

Die Verwendung eines elektrisch beheizten Wärmeschranks wird empfohlen.

Die natürliche Belüftung darf durch Löcher in den Wänden des Schranks sichergestellt werden.

Die Umhüllung oder das Prüfmuster darf, mit normaler oder korrigierter Sehkraft ohne zusätzliche Vergrößerung betrachtet, keine Risse zeigen und auch nicht klebrig oder schmierig geworden sein. Das wird wie folgt beurteilt:

Ein Zeigefinger, der mit einem trockenen Stück rauhen Stoffs umwickelt ist, wird mit einer Kraft von 5 N auf das Prüfmuster gepresst.

**ANMERKUNG** Die Kraft von 5 N kann man auf folgende Weise erhalten: Die Umhüllung oder das Prüfmuster wird auf eine Schale einer Waage gelegt. Die andere Waagschale wird mit der Masse der Umhüllung plus 500 g belastet. Dann wird das Gleichgewicht hergestellt, indem der Zeigefinger, umwickelt mit einem trockenen, rauhen Stoff auf das Prüfmuster gepresst wird.

Auf dem Prüfmuster dürfen keine Spuren des Stoffs zurückbleiben und der Werkstoff der Umhüllung oder des Prüfmusters darf nicht am Stoff kleben.

#### 10.2.3.2 Nachweis der Widerstandsfähigkeit von Isolierstoffen gegen außergewöhnliche Wärme und Feuer aufgrund von inneren elektrischen Wirkungen

Die Glühdrahtprüfung nach IEC 60695-2-10 und IEC 60695-2-11 muss zum Nachweis der Eignung der verwendeten Werkstoffe durchgeführt werden an:

- a) Teilen von Schaltgerätekombinationen oder
- b) diesen Teilen entnommenen Probestücken.

Die Prüfung muss an Teilen mit der kleinsten Dicke durchgeführt werden, wie sie in a) oder b) verwendet werden.

Alternativ muss der ursprüngliche Hersteller Daten vom Lieferanten über die Eignung der Isolierstoffe bereitstellen, die die Übereinstimmung der Werkstoffe mit den Anforderungen in 8.1.5.3 nachweisen.

Die Prüfung ist in IEC 60695-2-11, Abschnitt 4, beschrieben. Die verwendete Prüfeinrichtung muss IEC 60695-2-11, Abschnitt 5, entsprechen.

Die Temperatur der Glühdrahtspitze muss betragen:

- 960 °C für Teile, die stromführende Teile in ihrer Lage halten;
- 850 °C für Umhüllungen, die in Hohlwänden eingebaut werden sollen;
- 650 °C für alle anderen Teile einschließlich der Teile, die erforderlich sind, den Schutzleiter zu halten.

#### 10.2.4 Beständigkeit gegen ultra-violette (UV) Strahlung

Diese Prüfung betrifft nur Umhüllungen und äußere Teile von Schaltgerätekombinationen für Freiluftaufstellung aus Kunststoff oder aus Metallen, die vollständig mit synthetischen Werkstoffen beschichtet sind. Repräsentative Probekörper solcher Teile müssen der folgenden Prüfung unterzogen werden:

UV-Prüfung nach ISO 4892-2 Verfahren A; Zyklus 1 mit einer Gesamt-Prüfdauer von 500 h. Die Übereinstimmung mit den Anforderungen wird für Umhüllungen aus Kunststoff durch den Nachweis bestätigt, dass die Kunststoffe ihre Biegefestigkeit (nach ISO 178) und ihre Kerbschlagzähigkeit (Charpy-Test nach ISO 179) mindestens noch zu 70 % behalten haben.

Die Prüfung muss an sechs Probekörpern mit Normmaßen entsprechend ISO 178 und an sechs Probekörpern mit Normmaßen entsprechend ISO 179 durchgeführt werden. Die Probekörper müssen unter den gleichen Bedingungen, die bei der Herstellung der entsprechenden Umhüllungen vorherrschen, erstellt werden.

Für die nach ISO 178 ausgeführte Prüfung wird der Probekörper mit der Seite, die der UV-Strahlung ausgesetzt war, nach unten gedreht und der Druck auf die nicht beanspruchte Seite aufgebracht.

Für die nach ISO 179 ausgeführte Prüfung an Stoffen deren Schlagbiegefestigkeit vor der Belastung nicht bestimmt werden kann, da kein Bruch erfolgte, dürfen nicht mehr als drei der beanspruchten Probekörper brechen.

Umhüllungen aus Metall, die vollständig mit synthetischen Werkstoffen beschichtet sind, haben die Prüfung bestanden, wenn die Haftfähigkeit des synthetischen Werkstoffs mindestens von Kategorie 3 nach ISO 2409 erhalten bleibt.

Die Probekörper dürfen bei Betrachtung mit üblicher oder korrigierter Sehkraft ohne zusätzliche Vergrößerungseinrichtungen keine Risse oder andere Mängel zeigen.

Diese Prüfung braucht nicht durchgeführt zu werden, wenn der ursprüngliche Hersteller Daten des Lieferanten des synthetischen Werkstoffs vorweisen kann, die zeigen, dass der Werkstoff in derselben Art und Dicke oder dünner mit den Anforderungen übereinstimmt.

#### 10.2.5 Anheben

Für Schaltgerätekombinationen mit Vorrichtungen zum Heben wird die Übereinstimmung durch folgende Prüfungen nachgewiesen.

Die höchste vom ursprünglichen Hersteller angegebene Anzahl gemeinsam zu hebender Felder ist mit Bauteilen und/oder Gewichten zu belasten, um eine Masse des 1,25fachen höchsten Transportgewichts zu erreichen. Die Schaltgerätekombination wird mit geschlossenen Türen unter Verwendung der Vorrichtungen zum Heben nach Angaben des ursprünglichen Herstellers angehoben.

Von der Stillstandsposition muss die Schaltgerätekombination sanft ohne Rucken vertikal auf eine Höhe von  $(1 \pm 0,1)$  m angehoben und auf dieselbe Weise wieder in die Stillstandsposition abgesenkt werden. Diese Prüfung wird zweimal wiederholt und danach wird die Schaltgerätekombination angehoben und 30 min ohne Bodenkontakt bewegungslos hängen gelassen.

Nach dieser Prüfung muss die Schaltgerätekombination sanft ohne Rucken aus der Stillstandsposition auf eine Höhe von  $(1 \pm 0,1)$  m angehoben,  $(10 \pm 0,5)$  m horizontal bewegt und wieder in die Stillstandsposition abgesenkt werden. Dieser Zyklus muss dreimal mit gleichförmiger Geschwindigkeit jeweils innerhalb von 1 min wiederholt werden.

Nach der Prüfung darf die Schaltgerätekombination unter Einfluss der zur Prüfung angeordneten Massen bei Betrachtung mit normaler oder korrigierter Sicht ohne zusätzliche Vergrößerungseinrichtungen keine Risse oder dauerhafte Verformungen zeigen, die die kennzeichnenden Merkmale beeinträchtigen könnten.

### 10.2.6 Schlagprüfung

Schlagprüfungen müssen, wenn in der zutreffenden Schaltgerätekombinationsnorm gefordert, übereinstimmend mit IEC 62262 durchgeführt werden.

### 10.2.7 Aufschriften

Aufschriften, die durch Formgebung, Einpressen, Gravieren oder Ähnliches hergestellt werden, müssen der folgenden Prüfung nicht unterzogen werden.

Die Prüfung wird ausgeführt, indem die Aufschrift zunächst 15 s mit einem wassergetränkten Stofflappen und anschließend 15 s mit einem Stofflappen, der mit Lösungsbenzin getränkt ist, mit der Hand abgerieben wird.

**ANMERKUNG** Das Lösungsbenzin ist definiert als ein Hexan-Lösungsmittel mit einem Gehalt an aromatischen Kohlenwasserstoffen von maximal 0,1 % Volumenanteil, einer Kauri-Butanol-Wert von 29, einem Anfangssiedepunkt von 65 °C, einem Endsiedepunkt von 69 °C und einer Dichte von etwa 0,68 g/cm<sup>3</sup>.

Nach der Prüfung muss die Aufschrift mit normaler oder korrigierter Sicht ohne zusätzliche Vergrößerung lesbar sein.

## 10.3 Schutzart von Umhüllungen

Die Schutzart in Übereinstimmung mit 8.2.2, 8.2.3 und 8.4.2.3 muss nach IEC 60529 nachgewiesen werden. Die Prüfung darf an einer repräsentativ ausgestatteten Schaltgerätekomposition unter Bedingungen wie vom ursprünglichen Hersteller angegeben durchgeführt werden. Wenn ein Leergehäuse nach IEC 62208 verwendet wird, an dem keine äußeren Veränderungen vorgenommen wurden, die die Schutzart beeinträchtigen könnten, ist keine weitere Prüfung erforderlich.

IP-Prüfungen müssen durchgeführt werden:

- mit allen Verkleidungen und Türen wie unter üblichen Betriebsbedingungen montiert und geschlossen;
- in einem spannungsfreien Zustand, außer es wird vom ursprünglichen Hersteller anders angegeben;

Schaltgerätekompositionen mit einer Schutzart IP5X müssen entsprechend Kategorie 2 in IEC 60529, 13.4, geprüft werden.

Schaltgerätekompositionen mit einer Schutzart IP6X müssen entsprechend Kategorie 1 in IEC 60529, 13.4, geprüft werden.

Die Prüfeinrichtung für IPX3 und IPX4 wie auch die Art des Trägers für die Umhüllung während der Prüfung auf IPX4 muss im Prüfbericht angegeben werden.

Die Prüfung der Schutzart IPX1 darf mit Bewegen des Tropfwassergeräts anstelle von Drehen der Schaltgerätekomposition durchgeführt werden.

Die Prüfung der Schutzarten IPX1 bis IPX6 an einer Schaltgerätekomposition gilt als nicht bestanden, wenn Wasser mit elektrischen Betriebsmitteln innerhalb der Umhüllung in Berührung kommt. Das Eindringen von Wasser ist nur erlaubt, wenn der Eintrittsweg offensichtlich ist und das Wasser nur mit der Umhüllung in einem Bereich Kontakt hat, der die Sicherheit nicht beeinträchtigt.

Die Prüfung der Schutzart IPX5 gilt als nicht bestanden, wenn eine schädliche Menge Staub auf elektrischen Betriebsmitteln, die sich innerhalb der Umhüllung befinden, sichtbar ist.

## 10.4 Luft- und Kriechstrecken

Es muss nachgewiesen werden, dass die Luft- und Kriechstrecken den Anforderungen in 8.3 entsprechen.

Die Luft- und Kriechstrecken müssen in Übereinstimmung mit Anhang F gemessen werden.

## 10.5 Schutz gegen elektrischen Schlag und Durchgängigkeit von Schutzleiterkreisen

### 10.5.1 Wirksamkeit des Schutzleiterkreises

Die Wirksamkeit des Schutzleiterkreises wird für folgende Funktionen nachgewiesen:

- a) Schutz gegen die Folgen eines Fehlers in der Schaltgerätekombination (innere Fehler) entsprechend 10.5.2; und
- b) Schutz gegen die Folgen eines Fehlers in äußeren Stromkreisen, die von der Schaltgerätekombination gespeist werden (äußere Fehler) entsprechend 10.5.3.

### 10.5.2 Durchgängigkeit der Verbindung zwischen Körpern der Schaltgerätekombination und Schutzleiterkreis

Es muss nachgewiesen werden, dass die verschiedenen Körper der Schaltgerätekombination wirksam mit dem Anschluss des ankommenden äußeren Schutzleiter verbunden sind und dass der Widerstand des Stromkreises  $0,1 \Omega$  nicht überschreitet.

Zum Nachweis wird ein Widerstandsmessgerät verwendet, das einen Strom von mindestens 10 A (AC oder DC) liefern kann. Der Strom fließt von jedem Körper zu dem Anschluss für den äußeren Schutzleiter. Der Widerstand darf  $0,1 \Omega$  nicht überschreiten.

ANMERKUNG Es wird empfohlen, die Dauer der Prüfung zu begrenzen, wenn Betriebsmittel für kleine Ströme bei dieser Prüfung nachteilig beeinträchtigt würden.

### 10.5.3 Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiterkreises

#### 10.5.3.1 Allgemeines

Die vom ursprünglichen Hersteller festgelegte Kurzschlussfestigkeit muss nachgewiesen werden. Der Nachweis darf durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion oder durch Prüfung erfolgen wie in 10.5.3.3 bis 10.5.3.5 beschrieben (siehe auch Anhang D).

Der ursprüngliche Hersteller muss die Referenzkonstruktion(en) festlegen, die in 10.5.3.3 und in 10.5.3.4 verwendet wird (werden).

#### 10.5.3.2 Schutzleiterkreise, die vom Nachweis der Kurzschlussfestigkeit ausgenommen sind

Ist ein separater Schutzleiter in Übereinstimmung mit 8.4.3.2.3 vorhanden, ist eine Kurzschlussprüfung nicht erforderlich, wenn eine der Bedingungen von 10.11.2 erfüllt ist.

#### 10.5.3.3 Nachweis durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion – mittels einer Checkliste

Der Nachweis wird erreicht, wenn bei Vergleich der nachzuweisenden Schaltgerätekombination mit einer bereits geprüften Konstruktion unter Verwendung der Punkte 1 bis 6 und 8 bis 10 der Checkliste in Tabelle 13 keine Abweichungen festgestellt werden.

Konstruktion, Anzahl und Anordnung der Teile die die Verbindung zwischen Schutzleiter und Körper der Schaltgerätekombination herstellen, müssen mit der geprüften Referenzkonstruktion übereinstimmen, um die gleiche Stromtragfähigkeit für den Anteil des durch diese Körper fließenden Fehlerstroms der Schaltgerätekombination sicherzustellen.

#### 10.5.3.4 Nachweis durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion – mittels Berechnung

Der rechnerische Nachweis durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion muss in Übereinstimmung mit 10.11.4 erfolgen.

Konstruktion, Anzahl und Anordnung der Teile die die Verbindung zwischen Schutzleiter und Körper der Schaltgerätekombination herstellen, müssen mit der geprüften Referenzkonstruktion übereinstimmen, um die gleiche Stromtragfähigkeit für den Anteil des durch diese Körper fließenden Fehlerstroms der Schaltgerätekombination sicherzustellen.

#### **10.5.3.5 Nachweis durch Prüfung**

Es gilt 10.11.5.6.

### **10.6 Einbau von Betriebsmitteln**

#### **10.6.1 Allgemeines**

Die Übereinstimmung mit den Bauanforderungen in 8.5 für den Einbau von Betriebsmitteln muss durch Besichtigung des ursprünglichen Herstellers bestätigt werden.

#### **10.6.2 Elektromagnetische Verträglichkeit**

Die Verhaltensanforderungen von J.9.4 für elektromagnetische Verträglichkeit müssen durch Besichtigung oder, falls erforderlich, durch Prüfung bestätigt werden (siehe J.10.12).

### **10.7 Innere elektrische Stromkreise und Verbindungen**

Die Übereinstimmung mit den Bauanforderungen von 8.6 für innere elektrische Stromkreise und Verbindungen muss durch Besichtigung des ursprünglichen Herstellers bestätigt werden.

### **10.8 Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter**

Die Übereinstimmung mit den Bauanforderungen von 8.8 für Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter muss durch Besichtigung des ursprünglichen Herstellers bestätigt werden.

### **10.9 Isolationseigenschaften**

#### **10.9.1 Allgemeines**

Für diese Prüfung müssen alle elektrischen Betriebsmittel der Schaltgerätekombination angeschlossen sein, außer denen, die entsprechend den für sie gültigen Bestimmungen für eine niedrigere Prüfspannung konstruiert sind; Strom verbrauchende Geräte (z. B. Wicklungen, Messgeräte, Überspannungsschutzgeräte), in denen das Anlegen der Prüfspannung einen Stromfluss auslösen würde, müssen abgeklemmt werden. Solche Geräte müssen an einem Ihrer Anschlüsse abgeklemmt werden. Wenn sie nicht für die volle Prüfspannung konstruiert sind, dürfen alle Anschlüsse abgeklemmt werden.

Zu Grenzabweichungen der Prüfspannung und zur Auswahl der Prüfgeräte siehe IEC 61180.

#### **10.9.2 Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit**

##### **10.9.2.1 Haupt-, Hilfs- und Steuerstromkreise**

Hauptstromkreise sowie Hilfs- und Steuerstromkreise, die an den Hauptstromkreis angeschlossen sind, müssen mit der Prüfspannung nach Tabelle 8 geprüft werden.

AC- oder DC- Hilfs- und Steuerstromkreise, die nicht an den Hauptstromkreis angeschlossen sind, müssen mit der Prüfspannung nach Tabelle 9 geprüft werden.

### 10.9.2.2 Prüfspannung

Die Prüfspannung muss eine im Wesentlichen sinusförmige Schwingungsform und eine Frequenz zwischen 45 Hz und 65 Hz aufweisen.

Der für die Prüfung verwendete Hochspannungstransformator muss so konstruiert sein, dass der Ausgangsstrom mindestens 200 mA beträgt, wenn die Abgangsanschlüsse nach Einstellen der Ausgangsspannung auf die entsprechende Prüfspannung kurzgeschlossen werden.

Das Überstromrelais darf nicht auslösen, wenn der Ausgangsstrom kleiner als 100 mA ist.

Der Wert der Prüfspannung muss wie in Tabelle 8 oder Tabelle 9 festgelegt sein, mit einer zulässigen Abweichung von  $\pm 3\%$ .

### 10.9.2.3 Anlegen der Prüfspannung

Die betriebsfrequente Spannung darf im Moment des Anlegens 50 % des vollen Prüfwerts nicht überschreiten. Sie wird dann gleichmäßig bis zum vollen Wert erhöht und für  $5 \left( +\frac{2}{0} \right)$  s wie folgt beibehalten:

- a) zwischen allen miteinander verbundenen aktiven Teilen des Hauptstromkreises (einschließlich der mit dem Hauptstromkreis verbundenen Steuer- und Hilfsstromkreise) und Körpern der Schaltgerätekombination, während die Hauptkontakte aller Schaltgeräte geschlossen oder geeignet niederohmig gebrückt werden;
- b) zwischen jedem aktiven Teil des Hauptstromkreises und den anderen mit den Körpern der Schaltgerätekombination verbundenen aktiven Teilen anderen Potentials, während die Hauptkontakte aller Schaltgeräte geschlossen oder geeignet niederohmig gebrückt werden;
- c) zwischen jedem Steuer- und Hilfsstromkreis, der üblicherweise nicht mit dem Hauptstromkreis verbunden ist, und
  - dem Hauptstromkreis;
  - den anderen Stromkreisen;
  - den Körpern einschließlich der geerdeten Umhüllung.

### 10.9.2.4 Annahmekriterien

Das Überstromrelais darf nicht auslösen und es darf kein Durchschlag (siehe 3.6.18) während der Prüfungen erfolgen.

## 10.9.3 Stoßspannungsfestigkeit

### 10.9.3.1 Allgemeines

Der Nachweis muss durch Prüfung oder durch Bestätigung der Einhaltung der Konstruktionsregeln erfolgen.

Anstelle der Prüfung der Stoßspannungsfestigkeit darf der ursprüngliche Hersteller nach eigenem Ermessen eine gleichwertige Wechsel- oder Gleichspannungsprüfung in Übereinstimmung mit 10.9.3.3 oder 10.9.3.4 durchführen.

### 10.9.3.2 Prüfung der Stoßspannungsfestigkeit

Der Stoßspannungsgenerator muss mit angeschlossener Schaltgerätekombination auf die geforderte Stoßspannung eingestellt werden. Der Wert der Prüfspannung muss der in 9.1.3 festgelegte sein. Die Genauigkeit der angelegten Spitzenspannung muss  $\pm 3\%$  betragen.

Nicht an Hauptstromkreise angeschlossene Hilfsstromkreise müssen an Erde angeschlossen sein. Die  $1,2/50 \mu\text{s}$  Stoßspannung wird fünfmal mit jeder Polarität in Intervallen von mindestens 1 s wie folgt an die Schaltgerätekombination angelegt.

- a) zwischen allen miteinander verbundenen aktiven Teilen des Hauptstromkreises (einschließlich der mit dem Hauptstromkreis verbundenen Steuer- und Hilfsstromkreise) und Körpern der Schaltgerätekombination, während die Hauptkontakte aller Schaltgeräte geschlossen oder geeignet niederohmig gebrückt sind;
- b) zwischen jedem aktiven Teil des Hauptstromkreises und den anderen mit den Körpern der Schaltgerätekombination verbundenen aktiven Teilen anderen Potentials, während die Hauptkontakte aller Schaltgeräte geschlossen oder geeignet niederohmig gebrückt sind;
- c) zwischen jedem Steuer- und Hilfsstromkreis, der üblicherweise nicht mit dem Hauptstromkreis verbunden ist; und
  - dem Hauptstromkreis;
  - den anderen Stromkreisen;
  - den Körpern einschließlich der geerdeten Umhüllung.

Für ein akzeptables Ergebnis darf während der Prüfungen kein Durchschlag auftreten.

#### **10.9.3.3 Alternative betriebsfrequente Spannungsprüfung**

Die Prüfspannung muss im Wesentlichen sinusförmig sein und eine Frequenz zwischen 45 Hz und 65 Hz haben.

Der für die Prüfung verwendete Hochspannungstransformator muss so konstruiert sein, dass der Ausgangsstrom mindestens 200 mA beträgt, wenn die Abgangsanschlüsse nach Einstellen der Ausgangsspannung auf die entsprechende Prüfspannung kurzgeschlossen werden.

Das Überstromrelais darf nicht auslösen, wenn der Ausgangsstrom kleiner als 100 mA ist.

Der Wert der Prüfspannung muss, mit einer zulässigen Abweichung von  $\pm 3\%$ , gleich dem entsprechenden Wert in 9.1.3 und in Tabelle 10 sein.

Die betriebsfrequente Spannung wird einmal in voller Höhe ausreichend lange angelegt, so dass der Wert ermittelt werden kann, aber nicht unter 15 ms oder über 100 ms.

Die Prüfspannung muss wie in 10.9.3.2 a), b) and c) beschrieben an die Schaltgerätekombination angelegt werden.

Für ein akzeptables Ergebnis darf während der Prüfungen das Überstromrelais nicht auslösen und es darf kein Durchschlag auftreten.

#### **10.9.3.4 Alternative Prüfung mit Gleichspannung**

Die Welligkeit der Prüfspannung muss vernachlässigbar sein.

Die für die Prüfung verwendete Hochspannungsquelle muss so konstruiert sein, dass der Ausgangsstrom mindestens 200 mA beträgt, wenn die Abgangsanschlüsse nach Einstellen der Ausgangsspannung auf die entsprechende Prüfspannung kurzgeschlossen werden.

Das Überstromrelais darf nicht auslösen, wenn der Ausgangsstrom kleiner als 100 mA ist.

Der Wert der Prüfspannung muss, mit einer zulässigen Abweichung von  $\pm 3\%$ , gleich dem entsprechenden Wert in 9.1.3 und in Tabelle 10 sein.

Die Gleichspannung wird in jeder Polarität einmal ausreichend lange angelegt, so dass der Wert ermittelt werden kann, aber nicht unter 15 ms oder über 100 ms.

Die Prüfspannung muss wie oben in 10.9.3.2 a) und b) beschrieben an die Schaltgerätekombination angelegt werden.

Für ein akzeptables Ergebnis darf während der Prüfungen das Überstromrelais nicht auslösen und es darf kein Durchschlag auftreten.

### 10.9.3.5 Konstruktionsregel

Luftstrecken müssen durch Messung oder durch Überprüfung der Maße in den Konstruktionszeichnungen unter Verwendung der Messverfahren in Anhang F nachgewiesen werden. Die Luftstrecken müssen mindestens den 1,5fachen Wert der in Tabelle 1 festgelegten Werte haben.

ANMERKUNG Der Faktor 1,5 auf die Werte in Tabelle 1 wird angewendet, um keine Prüfung der Stoßspannungsfestigkeit als Bauartnachweis durchführen zu müssen. Es handelt sich um einen Sicherheitsfaktor, der Fertigungstoleranzen berücksichtigt.

Durch Bewertung der Daten der Hersteller der Betriebsmittel muss nachgewiesen werden, dass alle eingebauten Betriebsmittel für die festgelegte Bemessungsstoßspannungsfestigkeit ( $U_{imp}$ ) geeignet sind.

### 10.9.4 Prüfung von Umhüllungen aus Isolierstoff

Für Schaltgerätekombinationen mit Umhüllungen aus Isolierstoff muss eine zusätzliche Isolationsprüfung durchgeführt werden, bei der eine Prüfwechselfeldspannung zwischen einer Metallfolie auf der Außenseite der Umhüllung über Öffnungen und Verbindungsstellen und den untereinander verbundenen aktiven Teilen und Körpern in der Schaltgerätekombination in der Nähe der Öffnungen und Verbindungsstellen angelegt wird. Für diese zusätzliche Prüfung muss die Prüfspannung den 1,5fachen Wert der in Tabelle 8 angegebenen Spannung haben.

### 10.9.5 Äußere Bediengriffe aus Isolierstoff

Wenn Griffe aus Isolierstoff bestehen oder mit Isolierstoff umhüllt sind, muss eine Isolationsprüfung mit einer Prüfspannung des 1,5fachen Werts der in Tabelle 8 angegebenen Prüfspannung zwischen den aktiven Teilen und einer vollständig um die Oberfläche des Griffes gewickelten Metallfolie durchgeführt werden. Während des Tests dürfen die Konstruktionsteile der Schaltgerätekombination nicht geerdet oder mit einem anderen Stromkreis verbunden sein.

## 10.10 Nachweis der Erwärmung

### 10.10.1 Allgemeines

Es muss nachgewiesen werden, dass die in 9.2 festgelegten Grenzüberemperaturen für die verschiedenen Teile der Schaltgerätekombination oder des Schaltgerätekombinationssystems nicht überschritten werden.

Nachweise müssen durch eine oder mehrere der folgenden Methoden geführt werden (siehe Anhang O als Leitfaden):

- Prüfung mit Strom (10.10.2);
- Ableitung der Bemessungswerte ähnlicher Varianten (von einer geprüften Bauart) (10.10.3);
- Berechnung einer Schaltgerätekombination mit einem einzigen Abteil nicht über 630 A nach 10.10.4.2 oder Schaltgerätekombinationen nicht über 1 600 A nach 10.10.4.3.

Bei Schaltgerätekombinationen, die für Frequenzen über 60 Hz bemessen sind, wird immer ein Nachweis der Erwärmung durch Prüfung (10.10.2) oder durch Ableitung von einer ähnlichen, bei derselben vorgesehenen Frequenz geprüften Bauart (10.10.3) gefordert.

Die Stromtragfähigkeit der zu prüfenden Stromkreise wird bestimmt durch den Bemessungsstrom (siehe 5.3.2) und dem RDF (siehe 5.3.3).

Werden an einer bereits nachgewiesenen Schaltgerätekombination Veränderungen vorgenommen, müssen die Regeln in 10.10.2.2 und 10.10.3 verwendet werden, um zu überprüfen, ob diese Veränderungen die Erwärmung voraussichtlich nachteilig beeinflussen. Neue Nachweise müssen vorgenommen werden, wenn ein nachteiliger Einfluss wahrscheinlich ist.

## 10.10.2 Nachweis durch Prüfung mit Strom

### 10.10.2.1 Allgemeines

Der Nachweis durch Prüfung umfasst Folgendes:

- 1) Wenn eine nachzuweisende Schaltgerätekombination eine Anzahl von Varianten umfasst, muss (müssen) die ungünstigste(n) Anordnung(en) des Schaltgerätekombinationssystems nach 10.10.2.2 ausgewählt werden.
- 2) Die ausgewählte(n) Schaltgerätekombinationsvariante(n) muss(müssen) durch eines der folgenden vom ursprünglichen Hersteller ausgewählten Verfahren nachgewiesen werden:
  - a) gemeinsame Betrachtung der einzelnen Funktionseinheiten, der Hauptsammelschienen, der Verteilschienen und der Schaltgerätekombination, nach 10.10.2.3.5;
  - b) separate Betrachtung individueller Funktionseinheiten sowie Betrachtung der kompletten Schaltgerätekombination einschließlich der Hauptsammelschienen und der Verteilschienen nach 10.10.2.3.6;
  - c) separate Betrachtung individueller Funktionseinheiten, der Hauptsammelschienen und der Verteilschienen sowie Betrachtung der kompletten Schaltgerätekombination nach 10.10.2.3.7.
- 3) Wenn die geprüften Schaltgerätekombinationsvariante(n) die ungünstigsten Varianten aus einem Schaltgerätekombinationssystem sind, dürfen die Prüfergebnisse dazu verwendet werden, die Bemessungswerte ähnlicher Varianten ohne weitere Prüfungen festzulegen. Regeln für solche Ableitungen sind in 10.10.3 angegeben.

### 10.10.2.2 Auswahl der repräsentativen Anordnung

#### 10.10.2.2.1 Allgemeines

Die Prüfung muss an einer oder an mehreren repräsentativen Anordnung(en) durchgeführt werden, die so mit einer oder mehreren repräsentativen Lastkombination(en) belastet wird(werden), dass mit angemessener Genauigkeit die höchstmögliche Erwärmung erreicht wird.

Die Auswahl der zu prüfenden repräsentativen Anordnungen ist in 10.10.2.2.2 und in 10.10.2.2.3 angegeben und liegt in der Verantwortung des ursprünglichen Herstellers. Der ursprüngliche Hersteller muss bei der Auswahl für die Prüfung berücksichtigen, welche Konfigurationen entsprechend 10.10.3 von den geprüften Anordnungen abgeleitet werden sollen.

#### 10.10.2.2.2 Sammelschienen

Für Sammelschienensysteme aus einzelnen oder mehreren rechteckigen Leiterquerschnitten, deren Varianten sich nur durch eine oder mehrere Reduzierungen von

- Höhe;
- Breite;
- Anzahl der Schienen je Leiter;

unterscheiden, die aber dieselbe

- Anordnung der Schienen;
- dieselben Leitermittenabstände;
- Umhüllung; und
- Sammelschienenabteil (falls vorhanden);

aufweisen, müssen für die Prüfung mindestens die Sammelschienen mit dem größten Querschnitt als repräsentative Anordnung gewählt werden. Für die Bemessungswerte von Sammelschienenvarianten mit kleineren Abmessungen siehe 10.10.3.3.

### 10.10.2.2.3 Funktionseinheiten

#### a) Bildung von Gruppen vergleichbarer Funktionseinheiten

Bei Funktionseinheiten, die für unterschiedliche Bemessungsströme vorgesehen sind, die aber die folgenden Bedingungen erfüllen, kann davon ausgegangen werden, dass sie ein ähnliches thermisches Verhalten haben. Sie bilden eine Gruppe vergleichbarer Funktionseinheiten:

- i dieselbe Funktion und derselbe Stromlaufplan des Hauptstromkreises (z. B. Einspeisung, Starter zum Reversieren, Leitungsabgang);
- ii die Geräte haben dieselbe Baugröße und gehören zur selben Baureihe;
- iii das Traggestell ist vom selben Typ;
- iv die Anordnung der Geräte zueinander ist dieselbe;
- v die Art und Anordnung der Leiter sind dieselben;
- vi der Querschnitt der Leiter des Hauptstromkreises in einer Funktionseinheit muss mindestens für das Gerät mit dem kleinsten Bemessungsstrom in diesem Stromkreis dimensioniert sein. Leitungen müssen den geprüften entsprechen oder entsprechend IEC 60364-5-52 ausgewählt werden. Beispiele für die Anwendung der Norm auf die Bedingungen in einer Schaltgerätekombination enthalten die Tabellen in Anhang H. Der Querschnitt von Schienen muss dem geprüften oder dem in Anhang N angegebenen entsprechen.

#### b) Auswahl einer kritischen Variante aus jeder gebildeten Gruppe als Prüfling

Für die kritische Variante sind das ungünstigste Abteil (sofern zutreffend) und die ungünstigste Umhüllung (bezogen auf Form, Größe, Bauart von Trennwänden und Belüftung der Umhüllung) zu prüfen.

Die höchstmögliche Strombemessung für jede Variante der Funktionseinheiten wird festgelegt. Für Funktionseinheiten mit nur einem Gerät ist dies der Bemessungsstrom des Geräts. Für Funktionseinheiten mit mehreren Geräten ist dies der des Geräts mit dem kleinsten Bemessungsstrom. Wenn eine Kombination von in Reihe geschalteten Geräten für die Verwendung mit geringerem Strom (z. B. Motorstarter-Kombination) vorgesehen ist, ist dieser geringere Strom zu verwenden.

Für jede Funktionseinheit wird die Verlustleistung bei höchstmöglichem Strom unter Verwendung der Daten der Gerätehersteller für jedes Gerät und der Verlustleistungen der zugehörigen Leiter berechnet.

Für Funktionseinheiten mit Strömen bis einschließlich 630 A ist die kritische Funktionseinheit die mit der größten Gesamt-Verlustleistung.

Für Funktionseinheiten mit Strömen über 630 A ist die kritische Funktionseinheit die mit dem größten Bemessungsstrom. Dies stellt sicher, dass zusätzliche thermische Auswirkungen infolge von Wirbelströmen und Stromverdrängung berücksichtigt werden.

Die kritische Funktionseinheit muss mindestens geprüft werden:

- in dem kleinsten Abteil (falls vorhanden), das für diese Funktionseinheit vorgesehen ist; und
- mit der ungünstigsten inneren Unterteilung (falls vorhanden) bezogen auf die Größe der Lüftungsöffnungen; und
- in der Umhüllung mit der größten Verlustleistung je Volumen; und
- mit der ungünstigsten Variante der Belüftung der Umhüllung bezogen auf die Art der Belüftung (natürliche oder Zwangsbelüftung) und die Größe der Lüftungsöffnungen.

Kann die Funktionseinheit in unterschiedlicher Lage angeordnet werden (horizontal, vertikal), ist die ungünstigste Anordnung zu prüfen.

**ANMERKUNG** Nach Ermessen des ursprünglichen Herstellers dürfen zusätzliche Prüfungen für weniger kritische Anordnungen und Varianten von Funktionseinheiten durchgeführt werden.

### 10.10.2.3 Prüfverfahren

#### 10.10.2.3.1 Allgemeines

In 10.10.2.3.5 bis 10.10.2.3.7 werden drei Verfahren angegeben, die sich in der Anzahl der benötigten Prüfungen und in der Anwendungsbreite der Prüfergebnisse unterscheiden. Eine Erläuterung wird in Anhang O gegeben.

Die Erwärmungsprüfung der einzelnen Stromkreise muss mit der für sie vorgesehenen Stromart bei der entsprechenden Frequenz durchgeführt werden. Jeder beliebige Wert der Prüfspannung darf zum Erzeugen des erforderlichen Stroms verwendet werden. Relais-, Schütz-, Auslöserspulen usw. müssen mit der Bemessungsbetriebsspannung gespeist werden.

Die Schaltgerätekombination muss wie für den bestimmungsgemäßen Gebrauch angeordnet werden, mit allen Verkleidungen, Bodenplatten usw. montiert.

Wenn die Schaltgerätekombination Sicherungen enthält, müssen Sicherungseinsätze nach Angaben des Herstellers eingesetzt werden. Die Verlustleistung der für die Prüfung verwendeten Sicherungseinsätze ist im Prüfbericht anzugeben. Die Verlustleistung der für die Prüfung verwendeten Sicherungseinsätze darf entweder durch Messung bestimmt oder aus den Angaben des Herstellers der Sicherungseinsätze entnommen werden.

Maße und Anordnung der für die Prüfung verwendeten von außen eingeführten Leiter müssen im Prüfbericht angegeben werden.

Die Prüfung muss solange fortgesetzt werden, bis die Übertemperatur einen konstanten Wert erreicht. In der Praxis ist dieser Wert erreicht, wenn deren Änderung an allen Messpunkten (einschließlich die der Umgebungstemperatur) 1 K/h nicht überschreitet.

Wenn dies für die Geräte zulässig ist, darf der Strom zur Abkürzung der Prüfung zu Beginn erhöht werden; er muss später auf den vorgeschriebenen Prüfstrom reduziert werden.

Wenn während der Prüfung die Steuerspule eines Geräts an Spannung liegt, muss die Temperatur gemessen werden, sobald das Wärme Gleichgewicht sowohl im Hauptstromkreis als auch in der Steuerspule erreicht ist.

Der Mittelwert der tatsächlichen Prüfströme in der Einspeisung muss zwischen  $-0\%$  und  $+3\%$  des Sollwerts liegen. Jeder Außenleiterstrom muss innerhalb  $\pm 5\%$  liegen.

Prüfungen an einem individuellen Feld der Schaltgerätekombination sind zugelassen. Um die Prüfung repräsentativ zu gestalten, sind die äußeren Oberflächen, an denen weitere Felder befestigt sein könnten, thermisch mit einer Abdeckung zu isolieren, die jegliche unerwünschte Abkühlung verhindert.

Bei der Prüfung einzelner Funktionseinheiten in einem Feld oder in einer vollständigen Schaltgerätekombination dürfen benachbarte Funktionseinheiten durch Heizwiderstände ersetzt werden, wenn deren jeweilige Bemessung 630 A nicht überschreitet und deren Temperatur nicht gemessen wird.

In Schaltgerätekombinationen, in denen es möglich ist, zusätzliche Steuerstromkreise oder Geräte einzubauen, müssen Heizwiderstände die Verlustleistung jener zusätzlichen Betriebsmittel nachbilden.

#### 10.10.2.3.2 Prüfleiter

Wenn keine genauen Angaben für die von außen eingeführten Leiter und für die Betriebsbedingungen vorliegen, muss der Querschnitt für von außen eingeführte Prüfleiter in Hinsicht auf den Bemessungsstrom eines jeden Stromkreises wie folgt gewählt werden:

- 1) Für Werte des Bemessungsstroms bis einschließlich 400 A:
  - a) Die Verbindungen müssen aus einadrigen isolierten Kupferleitungen bestehen, deren Querschnitt den Angaben in Tabelle 11 entspricht;
  - b) Soweit möglich, müssen diese Prüfleitungen frei in Luft angeordnet werden;

## — Entwurf —

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

- c) die Mindestlänge der Prüflleitungen von Anschluss zu Anschluss muss betragen:
- 1 m für Querschnitte bis einschließlich 35 mm<sup>2</sup>;
  - 2 m für Querschnitte größer 35 mm<sup>2</sup>.
- 2) Für Werte des Bemessungsstroms über 400 A bis 800 A:
- a) Die Leiter müssen aus einadrigen Kupferleitungen oder aus gleichwertigen Kupferschienen bestehen, deren Querschnitte Tabelle 12 entsprechen, wie vom ursprünglichen Hersteller festgelegt.
- b) Leitungen oder Kupferschienen müssen ungefähr mit einem Mittenabstand angeordnet werden, der dem Mittenabstand zwischen den Anschlüssen entspricht. Parallele Leitungen je Anschluss müssen mit einem freien Abstand von ungefähr 10 mm zusammengehalten sein. Parallele Schienen je Anschluss müssen einen freien Abstand zueinander haben, der etwa der Schienendicke entspricht. Wenn es nicht möglich ist, Schienen mit den angegebenen Maßen an den Anschlüssen zu verwenden oder diese nicht zur Verfügung stehen, ist die Verwendung anderer Schienen zulässig, die den gleichen Querschnitt mit einer Abweichung von  $\pm 10\%$  und die gleiche oder kleinere kühlende Oberfläche haben müssen. Leitungen dürfen nicht verdreht und Kupferschienen nicht in sich vertauscht werden.
- c) Bei Ein- oder Mehrphasenprüfungen muss die Mindestlänge der Prüflleitung zur Prüfstromquelle 2 m betragen. Die Mindestlänge zu einem Sternpunkt darf auf 1,2 m verringert werden, wenn der ursprüngliche Hersteller zustimmt.
- 3) Für Werte des Bemessungsstroms über 800 A bis 4 000 A:
- a) Die Leiter müssen aus Kupferschienen mit Querschnitten entsprechend Tabelle 12 bestehen, es sei denn, die Schaltgerätekombination ist ausschließlich für Leitungsanschluss vorgesehen. Dann gelten die Angaben des ursprünglichen Herstellers der Schaltgerätekombination bezüglich des Querschnitts und der Anordnung der Leitungen.
- b) Kupferschienen müssen mit einem Mittenabstand angeordnet werden, der ungefähr dem Mittenabstand zwischen den Anschlüssen entspricht. Parallele Schienen je Anschluss müssen einen freien Abstand zueinander haben, der etwa der Schienendicke entspricht. Wenn es nicht möglich ist, Schienen mit den angegebenen Maßen an den Anschlüssen zu verwenden oder diese nicht zur Verfügung stehen, ist die Verwendung anderer Schienen zulässig, die den gleichen Querschnitt  $\pm 10\%$  und die gleiche oder kleinere kühlende Oberfläche haben müssen. Kupferschienen dürfen nicht in sich vertauscht werden.
- c) Bei Ein- und Mehrphasenprüfungen muss die Mindestlänge der Prüflleiter zur Prüfstromquelle 3 m betragen, sie kann jedoch auf 2 m verringert werden, wenn die Erwärmung an der Stelle, an der sie mit der Stromquelle verbunden sind, nicht mehr als 5 K geringer ist als auf halber Länge der Verbindung. Die Mindestlänge zu einem Sternpunkt muss 2 m betragen.
- 4) Für Werte des Bemessungsstroms über 4 000 A:
- Der ursprüngliche Hersteller muss alle wesentlichen Einzelheiten der Prüfung, wie Art der Stromquelle, Anzahl der Phasen und Frequenz (falls zutreffend), Querschnitt der Prüflleitungen usw. festlegen. Diese Informationen müssen Bestandteil des Prüfberichts sein.

### 10.10.2.3.3 Messung der Temperaturen

Zur Messung der Temperaturen müssen Thermoelemente oder Thermometer verwendet werden. Bei Wicklungen sollen im Allgemeinen die Temperaturen aus der Widerstandsänderung ermittelt werden.

Die Thermometer oder Thermoelemente müssen gegen Luftströmungen und Wärmestrahlung geschützt werden.

Die Temperatur muss an allen Punkten gemessen werden, an denen die Erwärmungsgrenzen (siehe 9.2) überwacht werden müssen. Besondere Aufmerksamkeit ist den Verbindungsstellen von Leitern und Anschlüssen in Hauptstromkreisen zu widmen. Für die Messung der Temperaturen der Luft innerhalb der Schaltgerätekombination müssen mehrere Messfühler an geeigneten Stellen angeordnet werden.

#### 10.10.2.3.4 Umgebungstemperatur

Die Umgebungstemperatur ist mit mindestens zwei gleichmäßig um die Schaltgerätekombination verteilten Thermometern oder Thermoelementen zu messen. Diese müssen in etwa halber Höhe der Schaltgerätekombination und etwa in 1 m Abstand von der Schaltgerätekombination angebracht werden. Die Thermometer oder Thermoelemente müssen gegen Luftströmungen und Wärmestrahlung geschützt werden.

Die Umgebungstemperatur muss während der Prüfung zwischen +10 °C und +40 °C liegen.

#### 10.10.2.3.5 Nachweis der vollständigen Schaltgerätekombination

Einspeisungen und Abgänge der Schaltgerätekombination müssen mit ihren Bemessungsströmen belastet werden (siehe 5.3.2), was einem Bemessungsbelastungsfaktor von 1 entspricht, siehe 5.3.3.

Wenn der Bemessungsstrom der Einspeisung oder der Verteilschiene kleiner ist als die Summe der Bemessungsströme aller Abgänge, sind die Abgänge in Gruppen entsprechend dem Bemessungsstrom der Einspeisung oder der Verteilschiene zu unterteilen. Die Gruppen müssen vom ursprünglichen Hersteller so festgelegt werden, dass die größtmögliche Erwärmung erreicht wird. Eine ausreichende Anzahl von Gruppen muss gebildet und geprüft werden, um alle verschiedenen Varianten von Funktionseinheiten in mindestens einer Gruppe zu prüfen.

Wenn die voll belasteten Stromkreise den gesamten Einspeisestrom nicht vollständig verteilen, ist der verbleibende Strom mit Hilfe eines anderen geeigneten Stromkreises abzuführen. Diese Prüfung muss wiederholt werden, bis alle Typen von Abgangsstromkreisen mit ihrem Bemessungsstrom nachgewiesen wurden.

Änderungen der Anordnung von Funktionseinheiten innerhalb einer nachgewiesenen Schaltgerätekombination oder einem Feld einer Schaltgerätekombination können zusätzliche Prüfungen erfordern, da der thermische Einfluss der benachbarten Einheiten deutlich anders sein kann.

ANMERKUNG 10.10.2.3.6 beschreibt die Prüfung einer Schaltgerätekombination unter Berücksichtigung des Bemessungsbelastungsfaktors < 1 und mit weniger Prüfungen als in 10.10.2.3.7 festgelegt.

#### 10.10.2.3.6 Nachweis unter separater Betrachtung individueller Funktionseinheiten sowie der kompletten Schaltgerätekombination

Die Bemessungsströme der Stromkreise nach 5.3.2 und der Bemessungsbelastungsfaktor nach 5.3.3 müssen in zwei Stufen nachgewiesen werden.

Für jede kritische Variante der Funktionseinheiten (10.10.2.2.3 b)) muss der Bemessungsstrom separat entsprechend 10.10.2.3.7 c) nachgewiesen werden.

Die Schaltgerätekombination wird nachgewiesen durch Belastung der Einspeisung mit ihrem Bemessungsstrom und gemeinsamer Belastung aller Abgänge jeweils mit ihrem Bemessungsstrom multipliziert mit dem Bemessungsbelastungsfaktor.

Wenn der Bemessungsstrom der Einspeisung oder der Verteilschiene kleiner ist als die Summe der Prüfströme aller Abgänge, sind die Abgänge in Gruppen entsprechend dem Bemessungsstrom der Einspeisung oder der Verteilschiene zu unterteilen. Die Gruppen müssen vom ursprünglichen Hersteller so festgelegt werden, dass die größtmögliche Erwärmung erreicht wird. Eine ausreichende Anzahl von Gruppen muss gebildet und geprüft werden, um alle verschiedenen Varianten von Funktionseinheiten in mindestens einer Gruppe zu prüfen.

Wenn die voll belasteten Stromkreise den gesamten Einspeisestrom nicht vollständig verteilen, ist der verbleibende Strom mit Hilfe eines anderen geeigneten Stromkreises abzuführen. Diese Prüfung muss wiederholt werden, bis alle Typen von Abgangsstromkreisen mit ihrem Prüfstrom nachgewiesen wurden.

Änderungen der Anordnung von Funktionseinheiten innerhalb einer nachgewiesenen Schaltgerätekombination oder einem Feld einer Schaltgerätekombination können zusätzliche Prüfungen erfordern, da der thermische Einfluss der benachbarten Einheiten deutlich anders sein kann.

#### **10.10.2.3.7 Nachweis unter separater Betrachtung der individuellen Funktionseinheiten, der Hauptsammelschienen, der Verteilschienen sowie der kompletten Schaltgerätekombination**

Schaltgerätekombinationen müssen durch separate Nachweise der Hauptelemente a) bis c), wie entsprechend 10.10.2.2.2 und 10.10.2.2.3 ausgewählt, und der vollständigen Schaltgerätekombination (d)) unter den ungünstigsten Bedingungen wie nachstehend beschrieben nachgewiesen werden:

- a) Hauptsammelschienen müssen separat geprüft werden. Sie müssen in der Umhüllung der Schaltgerätekombination wie für den bestimmungsgemäßen Gebrauch mit allen Verkleidungen und Trennwänden, die die Hauptsammelschiene von anderen Abteilen trennt, montiert sein. Wenn die Hauptsammelschiene Verbindungsstellen aufweist, müssen diese in die Prüfung einbezogen werden. Die Prüfung ist mit Bemessungsstrom durchzuführen. Der Prüfstrom muss die gesamte Länge der Sammelschienen durchfließen. Wenn es der Aufbau der Schaltgerätekombination zulässt, und, um den Einfluss der Prüflerter auf die Erwärmung zu minimieren, muss die Länge der Hauptsammelschiene innerhalb der Umhüllung mindestens 2 m betragen und mindestens eine Verbindungsstelle enthalten, wenn die Sammelschienen erweiterbar sind.
- b) Verteilschienen müssen getrennt von den Abgängen geprüft werden. Sie müssen in der Umhüllung der Schaltgerätekombination wie für den bestimmungsgemäßen Gebrauch mit allen Verkleidungen und Trennwänden, die die Sammelschiene von anderen Abteilen trennt, montiert sein. Verteilschienen müssen an die Hauptsammelschiene angeschlossen sein. Es dürfen keine Leiter (z. B. Verbindungen zu Funktionseinheiten) mit der Verteilschiene verbunden sein. Um die ungünstigsten Bedingungen zu berücksichtigen, ist die Prüfung mit Bemessungsstrom durchzuführen, wobei der Prüfstrom die gesamte Länge der Verteilschiene durchfließen muss. Ist die Hauptsammelschiene für einen höheren Strom bemessen, muss sie mit einem zusätzlichen Strom beaufschlagt werden, damit sie bis zur Verbindungsstelle mit der Verteilschiene ihren Bemessungsstrom trägt.
- c) Funktionseinheiten müssen einzeln geprüft werden. Die Funktionseinheit muss in der Umhüllung der Schaltgerätekombination wie für den bestimmungsgemäßen Gebrauch mit allen Verkleidungen und Trennwänden montiert sein. Wenn eine Funktionseinheit an unterschiedlichen Positionen montiert werden kann, ist die ungünstigste Position zu wählen. Sie muss an die Hauptsammelschiene oder an die Verteilschiene wie für bestimmungsgemäßen Gebrauch angeschlossen sein. Sind die Hauptsammelschiene und/oder die Verteilschiene (falls vorhanden) für einen höheren Strom bemessen, müssen sie mit zusätzlichen Strömen beaufschlagt werden, damit sie ihre individuellen Bemessungsströme bis zu den jeweiligen Verbindungsstellen tragen. Die Prüfung muss mit dem Bemessungsstrom der Funktionseinheit durchgeführt werden.
- d) Der Nachweis der vollständigen Schaltgerätekombination muss durch die Erwärmungsprüfung an der(den) im Betrieb ungünstigsten Anordnung(en) nach Angaben des ursprünglichen Herstellers erfolgen. Für diese Prüfung wird die Einspeisung mit ihrem Bemessungsstrom belastet und jeder Abgang mit seinem Bemessungsstrom multipliziert mit dem Bemessungsbelastungsfaktor. Wenn der Strom der Einspeisung nicht ausreicht, um eine repräsentative Auswahl von Abgängen zu belasten, dürfen weitere Konfigurationen geprüft werden.

#### **10.10.2.3.8 Bewertung der Ergebnisse**

Am Ende der Prüfung darf die Erwärmung die in Tabelle 6 angegebenen Werte nicht überschreiten. Die Geräte müssen bei der in der Schaltgerätekombination herrschenden Temperatur und innerhalb der für die Geräte vorgeschriebenen Spannungsgrenzen einwandfrei arbeiten.

### **10.10.3 Ableitung von Bemessungswerten für ähnliche Varianten**

#### **10.10.3.1 Allgemeines**

Die folgenden Abschnitte legen fest, wie Bemessungsströme von Varianten durch Ableitung von ähnlichen, durch Prüfung nachgewiesenen Anordnungen nachgewiesen werden können.

### 10.10.3.2 Schaltgerätekombinationen

Schaltgerätekombinationen welche durch Ableitung einer ähnlichen geprüften Anordnung nachgewiesen werden, müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- a) die Funktionseinheiten müssen zu derselben Gruppe wie die für die Prüfung ausgewählte Funktionseinheit gehören (siehe 10.10.2.2.3);
- b) die Bauart muss dieselbe wie die für die Prüfung verwendete sein;
- c) die Gesamtabmessungen müssen gleich oder größer als die geprüften sein;
- d) die Belüftung muss genauso oder besser als die geprüfte sein (Zwangsbelüftung oder natürliche Konvektion, gleiche oder größere Lüftungsöffnungen);
- e) die innere Unterteilung (falls vorhanden) muss dieselbe oder geringer sein als bei der Prüfung;
- f) die Verlustleistung in demselben Feld muss gleich oder kleiner als bei der Prüfung sein;

Die nachzuweisende Schaltgerätekombination darf alle oder nur einen Teil der elektrischen Stromkreise der vorher nachgewiesenen Schaltgerätekombination enthalten. Alternative Anordnungen von Funktionseinheiten in der Schaltgerätekombination oder in dem Feld im Vergleich zu der geprüften Variante sind zulässig, solange der thermische Einfluss benachbarter Einheiten nicht ungünstiger ist.

An Dreiphasen-Dreileiter-Schaltgerätekombinationen durchgeführte thermische Prüfungen gelten auch für Dreiphasen-Vierleiter-, Einphasen-Zwei- oder -Dreileiter-Schaltgerätekombinationen, vorausgesetzt, der Querschnitt des Neutralleiters ist größer oder gleich den Außenleitern und der Neutralleiter ist in gleicher Art angeordnet.

Erwärmungsprüfungen an Stromkreisen für Bemessungsströme bis einschließlich 800 A bei 50 Hz gelten auch bei 60 Hz. Für Ströme größer als 800 A ist der Bemessungsstrom bei 60 Hz auf 95 % des Werts bei 50 Hz zu reduzieren. Alternativ ist eine Reduzierung für 60 Hz nicht erforderlich, wenn die höchste Erwärmung bei 50 Hz 90 % des zulässigen Werts nicht überschreitet. Prüfungen bei einer bestimmten Frequenz können für den gleichen Bemessungswert des Stroms bei niedrigeren Frequenzen einschließlich Gleichstrom angewandt werden.

### 10.10.3.3 Sammelschienen

Bemessungswerte für Sammelschienen aus Aluminium gelten auch für Sammelschienen aus Kupfer mit denselben Querschnitten und derselben Konfiguration. Bemessungen für Sammelschienen aus Kupfer dürfen nicht verwendet werden, um Bemessungen für Sammelschienen aus Aluminium festzulegen.

Die Bemessungen von Varianten, die nicht für die Prüfungen nach 10.10.2.2.2 ausgewählt wurden, müssen durch Multiplikation ihres Querschnitts mit der Stromdichte einer durch Prüfung nachgewiesenen Sammelschiene mit größerem Querschnitt mit gleicher Konstruktion bestimmt werden.

Wenn zusätzlich ein kleinerer Querschnitt als der abzuleitende geprüft wurde, dürfen die Bemessungswerte der dazwischen liegenden Varianten durch Interpolation bestimmt werden. Dieser kleinere Querschnitt muss ebenfalls die Bedingungen von 10.10.2.2.2 erfüllen.

### 10.10.3.4 Funktionseinheiten

Nachdem die kritische Variante jeder Gruppe vergleichbarer Funktionseinheiten (siehe 10.10.2.2.3 a)) einer Prüfung zum Nachweis der Erwärmungsgrenzen unterworfen wurde, sind die Bemessungsströme aller anderen Funktionseinheiten in der Gruppe unter Verwendung der Prüfungsergebnisse zu berechnen.

Für jede geprüfte Funktionseinheit muss ein Reduktionsfaktor (Bemessungsstrom, als Ergebnis der Prüfung geteilt durch den höchstmöglichen Strom dieser Funktionseinheit, siehe 10.10.2.2.3 b)) berechnet werden.

Der Bemessungsstrom jeder nicht geprüften Funktionseinheit der Gruppe ist der höchstmögliche Strom dieser Funktionseinheit multipliziert mit dem Reduktionsfaktor der geprüften Variante der Gruppe.

### 10.10.3.5 Funktionseinheiten – Austausch von Geräten <sup>N3)</sup>

Ein Gerät darf durch ein ähnliches Gerät einer anderen Serie als der im ursprünglichen Nachweis verwendeten ersetzt werden, vorausgesetzt, die Verlustleistung und die Erwärmung der Anschlüsse des Geräts bei Prüfung nach dessen Produktnorm sind kleiner oder gleich. Zusätzlich müssen die physikalische Anordnung in der Funktionseinheit und die Bemessung der Funktionseinheit erhalten bleiben.

ANMERKUNG Zusätzlich zur Erwärmung müssen andere Anforderungen einschließlich den Kurzschluss-Anforderungen beachtet werden, siehe Tabelle 13.

### 10.10.4 Nachweis durch Begutachtung

#### 10.10.4.1 Allgemeines

Zwei Rechenverfahren werden angeboten. Beide bestimmen die ungefähre Erwärmung der Luft innerhalb der Umhüllung, die durch Verlustleistung aller Stromkreise verursacht wird, und vergleichen diese Temperatur mit den Grenzwerten der eingebauten Betriebsmittel. Die Verfahren unterscheiden sich nur in dem Weg, auf dem die Beziehung zwischen der erzeugten Verlustleistung und der Erwärmung der Luft innerhalb der Umhüllung ermittelt wird.

Da die tatsächlichen örtlichen Temperaturen der stromführenden Teile durch diese Verfahren nicht berechnet werden können, enthalten sie einige erforderliche Einschränkungen und Sicherheitszuschläge.

#### 10.10.4.2 Schaltgerätekombination mit einem einzigen Abteil und einem Bemessungsstrom nicht über 630 A

##### 10.10.4.2.1 Nachweisverfahren

Für eine Schaltgerätekombination mit einem einzigen Abteil und einem maximalen Einspeisestrom von 630 A und für Bemessungsfrequenzen bis einschließlich 60 Hz darf ein Nachweis durch Berechnung durchgeführt werden, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- die Angaben über die Verlustleistung aller eingebauten Geräte liegen von den Geräteherstellern vor;
- die Verlustleistung ist innerhalb der Umhüllung annähernd gleichmäßig verteilt;
- die Bemessungsströme der Stromkreise der Schaltgerätekombination die nachgewiesen werden (siehe 10.10.1) dürfen 80 % der konventionellen thermischen Ströme in freier Luft ( $I_{th}$ ), wenn vorhanden, oder der Bemessungsströme ( $I_n$ ) der elektrischen Betriebsmittel im Stromkreis nicht überschreiten. Schutzeinrichtungen der Stromkreise müssen so ausgewählt werden, dass die Abgangsstromkreise angemessen geschützt sind, z. B. Geräte für thermischen Motorschutz bei der berechneten Temperatur in der Schaltgerätekombination;

ANMERKUNG Es gibt kein allgemeingültiges kennzeichnendes Merkmal für elektrische Betriebsmittel, das den hier zu verwendenden Bemessungswert des Stroms beschreibt. Zum Zweck des Nachweises der Einhaltung der Grenzübertemperaturen soll der Wert des Stroms genutzt werden, der den maximalen Dauerbetriebsstrom, der ohne Überhitzen geführt werden kann, darstellt. Dies ist z. B. für Schütze der Bemessungsbetriebsstrom  $I_c$  AC1 und für Kompaktleistungsschalter der Bemessungsstrom  $I_n$ .

- die mechanischen Teile und die eingebauten Betriebsmittel müssen so angeordnet sein, dass die Luftzirkulation nicht wesentlich beeinträchtigt wird;
- Leiter, die Ströme über 200 A tragen, und benachbarte Konstruktionsteile sind so angeordnet, dass Wirbelströme und Hystereseverluste minimiert werden;
- alle Leiter müssen einen Mindestquerschnitt entsprechend 125 % des zulässigen Strombemessungswerts des zugehörigen Stromkreises haben. Die Auswahl der Leitungen muss in Übereinstimmung mit IEC 60364-5-52 erfolgen. Beispiele für die Anwendung dieser Norm auf die Bedingungen in einer Schaltgerätekombination enthalten die Tabellen in Anhang H. Der Querschnitt von Schienen muss wie

<sup>N3)</sup> Nationale Fußnote: Siehe Nationales Vorwort.

geprüft oder wie in Anhang N angegeben sein. Legt der Gerätehersteller einen Leiter mit größerem Querschnitt fest, ist dieser zu verwenden;

- g) Angaben über die Erwärmung in Abhängigkeit von der in der Umhüllung erzeugten Verlustleistung, für die unterschiedlichen zugelassenen Installationsarten (z. B. Wandeinbau, Wandaufbau), sind:
- vom Hersteller der Umhüllung verfügbar;
  - in Übereinstimmung mit 10.10.4.2.2 bestimmt; oder
  - wenn aktive Kühlung (z. B. Zwangskühlung, innere Klimaanlage, Wärmetauscher usw.) genutzt wird, in Übereinstimmung mit den Leistungsmerkmalen und Installationskriterien des Kühlgeräteherstellers.

Die auftretende Verlustleistung aller Stromkreise einschließlich der internen Leiter muss auf der Grundlage des Bemessungsstroms der Stromkreise berechnet werden. Die gesamte Verlustleistung der Schaltgerätekombination wird durch Addition der Verlustleistungen der Stromkreise berechnet unter Berücksichtigung, dass der gesamte Laststrom auf den Bemessungsstrom der Schaltgerätekombination begrenzt ist. Die Verlustleistung der Leiter wird durch Berechnung ermittelt (siehe Anhang H).

ANMERKUNG 1 Es gibt Geräte, deren Verlustleistung im Wesentlichen proportional zu  $I^2$  ist und andere mit im Wesentlichen konstanter Verlustleistung.

ANMERKUNG 2 Beispiel: Eine Schaltgerätekombination mit nur einem Abteil und einem Bemessungsstrom von 100 A (begrenzt durch die Verteilschienen) ist mit 20 Abgangsstromkreisen ausgerüstet. Der angenommene Bemessungsstrom jedes Stromkreises beträgt 8 A. Die gesamte wirksame Verlustleistung sollte für 12 Abgangsstromkreise, jeweils mit 8 A belastet, berechnet werden.

Die Erwärmung innerhalb der Schaltgerätekombination wird dann aus der gesamten Verlustleistung unter Verwendung der unter g) genannten Daten ermittelt.

#### **10.10.4.2.2 Bestimmen des Verlustleistungs-Abgabevermögens einer Umhüllung durch Prüfung**

Die Verlustleistung wird mit Hilfe von Heizwiderständen simuliert, die eine Wärme erzeugen, die dem vorgesehenen Verlustleistungs-Abgabevermögen der Umhüllung entspricht. Die Heizwiderstände müssen an geeigneten Stellen, gleichmäßig über die Höhe verteilt, in der Umhüllung installiert werden.

Der Querschnitt der Zuleitungen zu diesen Widerständen muss so gewählt werden, dass keine nennenswerte Wärmemenge aus der Umhüllung herausgeführt wird.

Die Prüfung muss in Übereinstimmung mit 10.10.2.3.1 bis 10.10.2.3.4 durchgeführt werden. Die Erwärmung der Luft muss oben in der Umhüllung gemessen werden. Die Temperatur der Umhüllung darf die in Tabelle 6 angegebenen Werte nicht überschreiten.

#### **10.10.4.2.3 Bewertung der Ergebnisse**

Die Schaltgerätekombination ist nachgewiesen, wenn die aus der berechneten Verlustleistung ermittelte Lufttemperatur die von den Geräteherstellern angegebene zulässige Lufttemperatur im Betrieb nicht überschreitet. Das bedeutet für Schaltgeräte oder elektrische Betriebsmittel in den Hauptstromkreisen, dass die Dauerlast die zulässige Belastung bei der berechneten Lufttemperatur nicht überschreitet und nicht mehr als 80 % ihres Bemessungsstroms beträgt (siehe 10.10.4.2.1c)).

#### **10.10.4.3 Schaltgerätekombination mit mehreren Abteilen und einem Bemessungsstrom nicht über 1 600 A**

##### **10.10.4.3.1 Nachweisverfahren**

Ein Nachweis der Erwärmung darf für eine Schaltgerätekombination mit mehreren Abteilen und einem Gesamt-Einspeisestrom von höchstens 1 600 A und für Bemessungsfrequenzen bis einschließlich 60 Hz durch Berechnung in Übereinstimmung mit IEC 60890 erfolgen, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- a) die Angaben über die Verlustleistung aller eingebauten Geräte liegen von den Geräteherstellern vor;

## — Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

- b) die Verlustleistung ist innerhalb der Umhüllung annähernd gleichmäßig verteilt;
- c) die Bemessungsströme der Stromkreise der Schaltgerätekombination die nachgewiesen werden (siehe 10.10.1) dürfen 80 % der konventionellen thermischen Ströme in freier Luft ( $I_{th}$ ) der elektrischen Betriebsmittel im Stromkreis nicht überschreiten. Schutzeinrichtungen der Stromkreise müssen so ausgewählt werden, dass die Abgangsstromkreise angemessen geschützt sind, z. B. Geräte für thermischen Motorschutz bei der berechneten Temperatur in der Schaltgerätekombination;
- d) die mechanischen Teile und die eingebauten Betriebsmittel müssen so angeordnet sein, dass die Luftzirkulation nicht wesentlich beeinträchtigt wird;
- e) Leiter, die Ströme über 200 A tragen, und benachbarte Konstruktionsteile sind so angeordnet, dass Wirbelströme und Hystereseverluste minimiert werden;
- f) alle Leiter müssen einen Mindestquerschnitt entsprechend 125% des zulässigen Strombemessungswerts des zugehörigen Stromkreises haben. Die Auswahl der Leiter muss in Übereinstimmung mit IEC 60364-5-52 erfolgen. Beispiele für die Anwendung dieser Norm auf die Bedingungen in einer Schaltgerätekombination enthalten die Tabellen in Anhang H. Der Querschnitt von Schienen muss wie geprüft oder wie in Annex N angegeben sein. Legt der Gerätehersteller einen Leiter mit größerem Querschnitt fest, ist dieser zu verwenden;
- g) für Umhüllungen mit natürlicher Belüftung beträgt der Querschnitt der Luftaustrittsöffnungen mindestens das 1,1fache der Lufteintrittsöffnungen;
- h) in der Schaltgerätekombination oder in einem Feld einer Schaltgerätekombination gibt es nicht mehr als drei horizontale Unterteilungen;
- i) für Umhüllungen mit Abteilen und natürlicher Belüftung beträgt der Querschnitt der Lüftungsöffnungen in jeder horizontalen Unterteilung mindestens 50 % des horizontalen Querschnitts des Abteils.

Die auftretende Verlustleistung aller Stromkreise einschließlich der internen Leiter muss auf der Grundlage der Bemessungsströme der Stromkreise berechnet werden. Die gesamte Verlustleistung der Schaltgerätekombination wird durch Addition der Verlustleistungen der Stromkreise berechnet unter Berücksichtigung, dass der gesamte Laststrom auf den Bemessungsstrom der Schaltgerätekombination begrenzt ist. Die Verlustleistung der Leiter wird durch Berechnung ermittelt (siehe Anhang H).

ANMERKUNG 1 Es gibt Geräte, deren Verlustleistung im Wesentlichen proportional zu  $I^2$  ist und andere mit im Wesentlichen konstanter Verlustleistung.

ANMERKUNG 2 Beispiel: Eine Schaltgerätekombination mit nur einem Abteil und einem Bemessungsstrom von 100 A (begrenzt durch die Verteilschienen) ist mit 20 Abgangsstromkreisen ausgerüstet. Der angenommene Bemessungsstrom jedes Stromkreises beträgt 8 A. Die gesamte wirksame Verlustleistung sollte für 12 Abgangsstromkreise, jeweils mit 8 A belastet, berechnet werden.

Die Erwärmung innerhalb der Schaltgerätekombination wird dann aus der gesamten Verlustleistung unter Verwendung der in IEC 60890 genannten Verfahren ermittelt.

### 10.10.4.3.2 Bewertung der Ergebnisse

Die Schaltgerätekombination ist nachgewiesen, wenn die berechnete Lufttemperatur in der Montagehöhe eines jeden Geräts die von den Geräteherstellern angegebene zulässige Umgebungstemperatur im Betrieb nicht überschreitet.

Das bedeutet für Schaltgeräte oder elektrische Betriebsmittel in den Hauptstromkreisen, dass die Dauerlast die zulässige Belastung bei der berechneten örtlichen Lufttemperatur nicht überschreitet und nicht mehr als 80 % ihres Bemessungsstroms beträgt (siehe 10.10.4.3.1 c)).

## 10.11 Kurzschlussfestigkeit

### 10.11.1 Allgemeines

Die vom ursprünglichen Hersteller angegebenen Bemessungswerte des Kurzschlussstroms müssen nachgewiesen werden außer der Nachweis ist nicht gefordert, siehe 10.11.2. Der Nachweis darf durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion (10.11.3 und 10.11.4) oder durch Prüfung (10.11.5) erfolgen. Für den Nachweis gilt folgendes:

- 1) Wenn das nachzuweisende Schaltgerätekombinationssystem eine Anzahl von Varianten umfasst, muss(müssen) die ungünstigste(n) Anordnung(en) der Schaltgerätekombination unter Beachtung der Regeln nach 10.11.3 ausgewählt werden. Der ursprüngliche Hersteller muss die Referenzkonstruktion(en) bestimmen, die in 10.11.3 und 10.11.4 verwendet wird (werden).
- 2) Die für die Prüfung ausgewählten Schaltgerätekombinationsvarianten müssen nach 10.11.5 nachgewiesen werden.
- 3) Wenn die geprüften Schaltgerätekombinationen die ungünstigsten Varianten aus einer größeren Produktreihe eines Schaltgerätekombinationssystem sind, dürfen die Prüfergebnisse dazu verwendet werden, die Bemessungswerte ähnlicher Varianten ohne weitere Prüfungen festzulegen. Regeln für solche Ableitungen sind in 10.11.3 und 10.11.4 angegeben.

### 10.11.2 Stromkreise von Schaltgerätekombinationen, für die der Nachweis der Kurzschlussfestigkeit nicht gefordert ist

Der Nachweis der Kurzschlussfestigkeit wird nicht gefordert für:

- 1) Schaltgerätekombinationen mit einer Bemessungskurzzeitstromfestigkeit (siehe 5.3.5) oder einem bedingten Bemessungskurzschlussstrom (siehe 5.3.6) von höchstens 10 kA Effektivwert.
- 2) Schaltgerätekombinationen und Stromkreise von Schaltgerätekombinationen, geschützt durch strombegrenzende Einrichtungen, deren Durchlassstrom beim höchstzulässigen unbeeinflussten Kurzschlussstrom an den Anschlüssen der Einspeisung der Schaltgerätekombination 17 kA nicht überschreitet.
- 3) Hilfsstromkreise von Schaltgerätekombinationen, die für den Anschluss an Transformatoren vorgesehen sind, deren Bemessungsleistung höchstens 10 kVA beträgt bei einer sekundären Bemessungsspannung von mindestens 110 V oder 1,6 kVA bei einer sekundären Bemessungsspannung von weniger als 110 V und deren Kurzschlussimpedanz mindestens 4 % beträgt.

Alle anderen Stromkreise müssen nachgewiesen werden.

### 10.11.3 Nachweis durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion – mittels einer Checkliste

Der Nachweis erfolgt durch Vergleich der nachzuweisenden Schaltgerätekombination mit einer bereits geprüften Konstruktion unter Verwendung der Checkliste in Tabelle 13.

Sollte ein Element der Checkliste nicht mit den Anforderungen der Liste übereinstimmen und mit „NEIN“ gekennzeichnet worden sein, ist einer der folgenden Nachweise zu verwenden (Siehe 10.11.4 und 10.11.5).

### 10.11.4 Nachweis durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion – durch Berechnung

Die Bewertung der Bemessungskurzzeitstromfestigkeit einer Schaltgerätekombination und ihrer Stromkreise durch Berechnung muss durch Vergleich der zu bewertenden Schaltgerätekombination mit einer bereits durch Prüfung nachgewiesenen Schaltgerätekombination erfolgen. Die Bewertung, um den Nachweis für die Hauptstromkreise einer Schaltgerätekombination zu erbringen, muss in Übereinstimmung mit Anhang P erfolgen. Zusätzlich muss jeder Stromkreis der zu bewertenden Schaltgerätekombination die Anforderungen von Tabelle 13, der Punkte 6, 8, 9 und 10, erfüllen.

Die verwendeten Daten, die ausgeführten Berechnungen und die vorgenommenen Vergleiche sind aufzuzeichnen.

Wurde die Bewertung in Übereinstimmung mit Anhang P nicht bestanden oder wird einer der vorstehenden Punkte nicht erfüllt, müssen die Schaltgerätekombination und ihre Stromkreise durch Prüfung übereinstimmend mit 10.11.5 nachgewiesen werden.

### 10.11.5 Nachweis durch Prüfung

#### 10.11.5.1 Prüfaufbau

Die Schaltgerätekombination oder ihre Teile, die zum Durchführen der Prüfung erforderlich sind, müssen wie für bestimmungsgemäßen Gebrauch angeordnet werden. Es reicht aus, eine einzige Funktionseinheit zu prüfen, wenn die übrigen Funktionseinheiten dieselbe Bauart aufweisen. Ebenso reicht es aus, eine einzige Sammelschienenkonfiguration zu prüfen, wenn die übrigen Sammelschienenkonfigurationen dieselbe Bauart aufweisen. Tabelle 13 liefert Entscheidungskriterien, ob zusätzliche Prüfungen erforderlich sind.

#### 10.11.5.2 Durchführung der Prüfung – Allgemeines

Wenn die Prüfung Sicherungen einschließt, müssen Sicherungseinsätze mit dem größten Durchlassstrom und, falls gefordert, des vom ursprünglichen Hersteller als zulässig angegebenen Typs, verwendet werden.

Die für die Prüfung der Schaltgerätekombination benötigten Einspeiseleiter und Kurzschlussbrücken müssen ausreichende Kurzschlussfestigkeit aufweisen und so angeordnet sein, dass sie keine zusätzliche Belastung für die Schaltgerätekombination darstellen.

Wenn nicht anders vereinbart, muss der Prüfstromkreis an die Einspeiseanschlüsse der Schaltgerätekombination angeschlossen werden. Schaltgerätekombinationen für Drehstrom müssen dreipolig angeschlossen werden.

Alle Teile von Betriebsmitteln, die im Betrieb für den Anschluss an den Schutzleiter vorgesehen sind, einschließlich der Umhüllung, müssen wie folgt angeschlossen werden:

- 1) bei Schaltgerätekombinationen für den Anschluss an Dreiphasen-Vierleiter-Systeme (siehe auch IEC 60038) mit geerdetem Sternpunkt, die entsprechend gekennzeichnet sind, an den Neutralpunkt der Einspeisung oder an einen künstlichen, im wesentlichen induktiven Neutralpunkt, der einen unbeeinflussten Fehlerstrom von mindestens 1 500 A zulässt;
- 2) bei Schaltgerätekombinationen für den Anschluss an Dreiphasen-Dreileiter- wie auch an Dreiphasen-Vierleiter-Systeme, die entsprechend gekennzeichnet sind, an den Außenleiter mit der geringsten Wahrscheinlichkeit des Überschlags gegen Erde.

Außer bei Schaltgerätekombinationen nach 8.4.3.4 muss die in 1) und in 2) erwähnte Verbindung einen Schmelzleiter mit einem Kupferdraht mit einem Durchmesser von 0,8 mm und mindestens 50 mm Länge oder ein gleichwertiges Sicherungselement zur Erkennung eines Fehlerstroms aufweisen. Der unbeeinflusste Fehlerstrom im Sicherungs-Stromkreis muss  $1\,500\text{ A} \pm 10\%$  betragen, außer wenn entsprechend den Anmerkungen 2 und 3 verfahren wird. Falls erforderlich, ist ein Widerstand zu verwenden, der den Strom auf diesen Wert begrenzt.

ANMERKUNG 1 Ein Kupferdraht mit einem Durchmesser von 0,8 mm schmilzt bei 1 500 A etwa innerhalb einer Halbwelle bei einer Frequenz zwischen 45 Hz und 67 Hz (oder 0,01 s bei Gleichstrom).

ANMERKUNG 2 Der Wert des unbeeinflussten Fehlerstroms darf im Falle von kleinen Geräten entsprechend den Anforderungen der zutreffenden Produktnorm kleiner als 1 500 A sein, mit einem Kupferdraht mit kleinerem Durchmesser (siehe Anmerkung 4), entsprechend derselben Schmelzzeit wie in Anmerkung 1.

ANMERKUNG 3 Bei einer Einspeisung mit künstlichem Neutralpunkt darf mit Zustimmung des Herstellers der Schaltgerätekombination ein kleinerer Fehlerstrom akzeptiert werden, mit einem Kupferdraht mit kleinerem Durchmesser (siehe Anmerkung 4), entsprechend derselben Schmelzzeit wie in Anmerkung 1.

ANMERKUNG 4 Der Zusammenhang zwischen dem Fehlerstrom im Schmelzleiter-Stromkreis und dem Durchmesser des Kupferdrahts ist in Tabelle 14 angegeben.

### 10.11.5.3 Prüfung der Hauptstromkreise

#### 10.11.5.3.1 Allgemeines

Stromkreise müssen mit der höchsten thermischen und dynamischen Belastung geprüft werden, die durch Kurzschlussströme bis zu den Bemessungswerten für eine oder mehrere der folgenden Bedingungen nach Angaben des ursprünglichen Herstellers entstehen kann.

- a) Unabhängig von einer Kurzschlusschutzeinrichtung (SCPD). Die Schaltgerätekombination muss mit den Bemessungswerten für die Stoßstromfestigkeit und für die Kurzzeitstromfestigkeit für die festgelegte Dauer geprüft werden (siehe 5.3 und 9.3.2 a)).
- b) Abhängig von einer SCPD in der Einspeisung innerhalb der Schaltgerätekombination. Die Schaltgerätekombination muss mit dem unbeeinflussten Kurzschlussstrom in der Einspeisung über einen Zeitraum geprüft werden, der durch die SCPD in der Einspeisung begrenzt ist.
- c) Abhängig von einer vorgeschalteten SCPD. Die Schaltgerätekombination muss mit den Durchlasswerten geprüft werden, die durch die vorgeschaltete SCPD entsprechend den Festlegungen des ursprünglichen Herstellers begrenzt sind.

Wenn ein Einspeise- oder ein Abgangstromkreis eine SCPD enthält, die den Spitzenwert und/oder die Dauer des Fehlerstroms verringert, ist der Stromkreis so zu prüfen, dass die SCPD anspricht und den Fehlerstrom unterbricht (siehe 5.3.6 bedingter Bemessungskurzschlussstrom  $I_{cc}$ ). Wenn die SCPD einen einstellbaren Kurzschlussauslöser aufweist, ist dieser auf den höchstzulässigen Wert einzustellen (siehe 9.3.2, zweiter Absatz).

Jeder Stromkreistyp muss einer Kurzschlussprüfung entsprechend 10.11.5.3.2 bis 10.11.5.3.5 unterzogen werden.

#### 10.11.5.3.2 Abgangsstromkreise

Die Abgangsanschlüsse von Abgangsstromkreisen müssen mit einer verschraubten Kurzschlussbrücke versehen sein. Wenn die Schutzeinrichtung im Abgangsstromkreis ein Leistungsschalter ist, darf im Prüfkreis zur Induktivität, die zur Einstellung des Kurzschlussstroms verwendet wird, ein Widerstand nach 8.3.4.1.2 b) von IEC 60947-1 parallel geschaltet werden.

Für Leistungsschalter mit einem Bemessungsstrom bis einschließlich 630 A muss der Prüfkreis eine 0,75 m lange Leitung enthalten mit einem Querschnitt, der dem Bemessungsstrom entspricht (siehe Tabellen 11 und 12). Nach Ermessen des ursprünglichen Herstellers darf eine kürzere Verbindung als 0,75 m verwendet werden.

Das Schaltgerät muss eingeschaltet und wie im bestimmungsgemäßen Betrieb geschlossen gehalten werden. Die Prüfspannung muss einmal angelegt werden:

- a) ausreichend lange, so die Kurzschlusschutzeinrichtung in diesem Abgang ansprechen kann, um den Fehler abzuschalten; auf jeden Fall muss die Prüfspannung mindestens zehn Perioden anliegen; oder
- b) in Fällen, in denen der Abgangsstromkreis keine SCPD enthält, in einer Höhe und für eine Dauer wie vom ursprünglichen Hersteller für die Sammelschienen festgelegt. Bei der Prüfung der Abgangsstromkreise darf die SCPD in der Einspeisung ansprechen.

#### 10.11.5.3.3 Einspeisestromkreis und Hauptsammelschienen

Bei Schaltgerätekombinationen mit Hauptsammelschienen muss die Kurzschlussfestigkeit der Hauptsammelschienen und des Einspeisestromkreises geprüft werden, einschließlich mindestens einer Sammelschienenverbindung, wenn die Sammelschienen für Erweiterungen vorgesehen sind. Die Kurzschlussstelle muss so angeordnet sein, dass die Länge der geprüften Hauptsammelschiene  $2 \text{ m} \pm 0,40 \text{ m}$  beträgt. Für den Nachweis des Bemessungskurzzeitstroms (siehe 5.3.5) und der Bemessungsstoßstromfestigkeit (siehe 5.3.4) darf diese Entfernung vergrößert werden und die Prüfungen dürfen mit jeder geeigneten Spannung durchgeführt werden, vorausgesetzt, der Prüfstrom entspricht dann dem Bemessungswert (siehe 10.11.5.4 b)). Bei Schaltgerätekombinationen, bei denen die Länge der zu prüfenden Sammelschienen kürzer als 1,6 m ist und eine

Erweiterung der Sammelschienen nicht vorgesehen ist, muss die gesamte Länge der Sammelschiene geprüft werden. Die Kurzschlussbrücke wird am Ende dieser Sammelschienen eingebaut. Wenn die Sammelschienen aus unterschiedlichen Abschnitten bestehen (bezüglich Querschnitten, Mittenabstand von Leitern, Art und Anzahl der Stützer je m), muss jeder Abschnitt einzeln geprüft werden. Eine gemeinsame Prüfung ist zulässig, wenn die vorgenannten Bedingungen eingehalten werden.

#### 10.11.5.3.4 Verbindungen zur Einspeiseseite von Abgängen

Wenn eine Schaltgerätekombination Leiter, einschließlich Verteilschienen, falls vorhanden, zwischen der Hauptsammelschiene und der Einspeiseseite von Abgängen aufweist, die nicht die Anforderungen von 8.6.4 erfüllen, muss ein Stromkreis jeden Typs einer zusätzlichen Prüfung unterzogen werden.

In den Leitern zwischen den Sammelschienen und einem einzelnen Abgang muss eine verschraubte Kurzschlussbrücke so nah wie möglich an den Eingangsanschlüssen des Abgangs angebracht werden. Die Höhe und Dauer des Kurzschlussstroms muss derjenigen für die Prüfung der Hauptsammelschienen entsprechen.

#### 10.11.5.3.5 Neutralleiter

Die Kurzschlussfestigkeit eines gegebenenfalls vorhandenen Neutralleiters in einem Stromkreis einschließlich aller Verbindungspunkte muss gegen den am nächsten angeordneten Außenleiter des geprüften Stromkreises durch Prüfung nachgewiesen werden. Für die Verbindung zwischen dem Neutralleiter und dem Außenleiter gelten die Anforderungen von 10.11.5.3.3.

Soweit keine anderen Festlegungen zwischen ursprünglichem Hersteller und Anwender der Schaltgerätekombination getroffen sind, muss der Prüfstrom im Neutralleiter mindestens 60 % des Werts des Außenleiterstroms bei der dreiphasigen Prüfung erreichen.

Eine Prüfung, die mit einem Strom von 60 % des Außenleiterstroms vorgesehen ist, braucht nicht durchgeführt zu werden, wenn der Neutralleiter:

- die gleiche Form und denselben Querschnitt wie die Außenleiter aufweist;
- in derselben Weise und höchstens denselben Abständen der Befestigungspunkte befestigt ist wie die Außenleiter;
- mindestens so weit von Außenleitern entfernt ist wie die Außenleiter voneinander;
- mindestens so weit von geerdeten Metallteilen entfernt ist wie die Außenleiter.

#### 10.11.5.4 Höhe und Dauer des Kurzschlussstroms

Für alle Bemessungswerte der Kurzschlussfestigkeit muss die thermische und dynamische Belastung mit einem unbeeinflussten Strom an den Eingangsklemmen einer festgelegten Schutzeinrichtung, soweit vorhanden, nachgewiesen werden, der gleich den Werten der Bemessungskurzzeitstromfestigkeit, der Bemessungsstoßstromfestigkeit oder des bedingten Bemessungskurzschlussstroms nach Angaben des ursprünglichen Herstellers ist.

Für den Nachweis aller Bemessungswerte der Kurzschlussfestigkeit (siehe 5.3.4 bis einschließlich 5.3.6) muss der Wert des unbeeinflussten Kurzschlussstroms bei einer Prüfspannung in Höhe der 1,05fachen Bemessungsbetriebsspannung mit einem Einstell-Oszillogramm nachgewiesen werden. Dieses Oszillogramm wird aufgezeichnet, während die Einspeiseleiter mit einer Verbindung mit vernachlässigbarer Impedanz so nahe wie möglich an der Einspeisung der Schaltgerätekombination kurzgeschlossen sind. Das Oszillogramm muss einen konstanten Stromfluss zeigen, der während der Ansprechzeit der in der Schaltgerätekombination eingebauten Schutzeinrichtung oder über die festgelegte Dauer fließt (siehe 9.3.2 a)).

Der Wert des Stroms während der Einstellung ist der Mittelwert der Effektivwerte der Wechselstromanteile aller Phasen. Wenn die Prüfungen mit der höchsten Betriebsspannung durchgeführt werden, muss der

Einstellstrom in jeder Phase gleich dem Bemessungskurzschlussstrom mit einer Grenzabweichung von  ${}^{+5}_0\%$  sein und der Leistungsfaktor innerhalb einer Grenzabweichung von  ${}^0_{-0,05}\%$  liegen.

Alle Prüfungen müssen mit der Bemessungsfrequenz der Schaltgerätekombination durchgeführt werden, mit einer Grenzabweichung von  $\pm 25\%$  und einem vom Kurzschlussstrom abhängigen Leistungsfaktor in Übereinstimmung mit Tabelle 7.

- a) Bei Prüfung mit dem bedingten Bemessungskurzschlussstrom  $I_{cc}$ , unabhängig davon, ob sich die Schutzeinrichtungen im Eingangskreis der Schaltgerätekombination oder an anderer Stelle befinden, muss die Prüfspannung ausreichend lang anstehen, um das Ansprechen der KurzschlussSchutzeinrichtungen zu ermöglichen, und in jedem Fall für nicht weniger als 10 Perioden. Die Prüfung muss mit der 1,05fachen Bemessungsbetriebsspannung durchgeführt werden, mit einem unbeeinflussten Kurzschlussstrom an der Einspeiseseite der festgelegten Schutzeinrichtung gleich dem Wert des bedingten Bemessungskurzschlussstroms. Prüfungen mit kleineren Spannungen sind nicht erlaubt.

ANMERKUNG In Südafrika (ZA) erfordert der National Electrical Code SANS 10142-1, 6.8, dass die Versorgungsspannung mindestens das 1,1fache der Nennspannung betragen muss, wenn die Bemessungsbetriebsspannung nicht mehr als 500 V beträgt

- b) Bei der Prüfung der Bemessungskurzzeitstromfestigkeit und Bemessungsstoßstromfestigkeit müssen die dynamische und thermische Belastung mit unbeeinflusstem Strom in Höhe des Werts der Bemessungskurzzeitstromfestigkeit und der Bemessungsstoßstromfestigkeit nach Angaben des ursprünglichen Herstellers durchgeführt werden. Der Strom muss für die festgelegte Zeit angelegt werden. Während dieser Zeit muss der Effektivwert der Wechselstromkomponente konstant sein.

Falls es schwierig ist, am Prüfstandort die Prüfungen der Kurzzeitstromfestigkeit oder der Stoßstromfestigkeit mit der höchsten Betriebsspannung durchzuführen, dürfen die Prüfungen nach 10.11.5.3.3, 10.11.5.3.4 und 10.11.5.3.5 mit Zustimmung des ursprünglichen Herstellers mit jeder geeigneten Spannung durchgeführt werden. Der tatsächliche Prüfstrom muss in diesen Fällen gleich der Kurzzeitstromfestigkeit oder der Stoßstromfestigkeit sein. Dies muss im Prüfbericht festgehalten werden. Falls Schutzeinrichtungen, soweit vorhanden, während der Prüfung vorübergehend ihre Kontakte öffnen, muss die Prüfung mit der höchsten Betriebsspannung wiederholt werden.

Falls dies wegen Einschränkungen der Prüfmöglichkeiten notwendig ist, ist eine abweichende Prüfdauer zulässig. In diesem Fall sollte der Prüfstrom nach der Gleichung  $I^2t = \text{konstant}$  verändert werden; dabei wird vorausgesetzt, dass der Scheitelwert des Bemessungsstoßstroms nicht ohne Zustimmung des ursprünglichen Herstellers überschritten wird und dass der Effektivwert des Kurzzeitstroms in mindestens einem Außenleiter während mindestens 0,1 s nach Einschalten des Stroms nicht niedriger ist als der Bemessungswert.

Die Prüfung der Stoßstromfestigkeit und die Prüfung der Kurzzeitstromfestigkeit dürfen getrennt durchgeführt werden. In diesem Fall ist die Zeit für die Prüfung der Stoßstromfestigkeit so zu wählen, dass der  $I^2t$ -Wert nicht größer wird als der entsprechende Wert bei der Prüfung der Kurzzeitstromfestigkeit; sie darf jedoch nicht kürzer als drei Perioden sein.

Wenn der geforderte Prüfstrom nicht in jeder Phase erreicht werden kann, darf mit Zustimmung des ursprünglichen Herstellers die positive Prüftoleranz überschritten werden.

#### 10.11.5.5 Bewertung der Prüfung

Nach der Prüfung dürfen Sammelschienen und Leiter verformt sein, wenn die Luft- und Kriechstrecken nach 8.3 noch eingehalten werden. Im Zweifelsfall müssen die Luft- und Kriechstrecken gemessen werden (siehe 10.4).

Die Eigenschaften der Isolierung müssen so erhalten bleiben, dass die mechanischen Eigenschaften und Isolationseigenschaften der Betriebsmittel die Anforderungen der zutreffenden Schaltgerätekombinationsnorm erfüllen. Stützer, Sammelschienenhalter und Kabelhalter sind nicht in zwei oder mehr Teile zerbrochen. Ebenso dürfen keine Risse an gegenüber liegenden Seiten der Halter auftreten. Risse einschließlich oberflächlicher Risse über die gesamte Länge oder Breite der Halter dürfen nicht auftreten. Bestehen Zweifel, ob

## — Entwurf —

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

die Isolationseigenschaften der Schaltgerätekombination noch vorhanden sind, ist eine zusätzliche betriebsfrequente Spannungsprüfung mit  $2 U_e$ , mindestens 1 000 V, nach 10.9.2 durchzuführen.

Teile der Verbindungsstellen von Leitern dürfen sich nicht gelöst haben und Leiter sich nicht von den Abgangsklemmen gelöst haben.

Eine Verformung von Sammelschienen oder von Konstruktionsteilen der Schaltgerätekombination, die den bestimmungsgemäßen Gebrauch beeinträchtigt, wird als Fehler angesehen.

Jede Verformung von Sammelschienen oder von Konstruktionsteilen der Schaltgerätekombination, die das Einsetzen oder Herausnehmen von herausnehmbaren Teilen beeinträchtigt, wird als Fehler angesehen.

Eine Verformung der Umhüllung oder innerer Trennwände, Abdeckungen und Hindernisse durch den Kurzschluss ist soweit zulässig, dass die Schutzart nicht offensichtlich beeinträchtigt ist und dass die Luft- oder Kriechstrecken nicht unter die in 8.3 festgelegten Werte verringert werden. Zusätzlich muss nach den Prüfungen von 10.11.5.3, die Kurzschlusschutzeinrichtungen einbeziehen, die geprüften Betriebsmittel in der Lage sein, die Isolationsprüfung von 10.9.2, bei einem Spannungswert für die „Nachprüfungsbedingung“, der in der zutreffenden Norm für die Kurzschlusschutzeinrichtung beschrieben ist, wie folgt zu bestehen:

- a) zwischen allen aktiven Teilen und den Körpern der Schaltgerätekombination; und
- b) zwischen jedem Pol und allen anderen Polen, die mit den Körpern der Schaltgerätekombination verbunden sind.

Wenn die vorstehenden Prüfungen a) und b) durchgeführt werden, muss dies mit ersetzten Sicherungen und geschlossenen Schaltgeräten erfolgen.

Der Schmelzleiter (siehe 10.11.5.2) darf, falls vorhanden, keinen Fehlerstrom anzeigen.

Im Zweifelsfall muss geprüft werden, ob der Zustand der in der Schaltgerätekombination eingebauten Betriebsmittel den geltenden Bestimmungen entspricht.

### **10.11.5.6 Prüfung des Schutzleiterkreises**

#### **10.11.5.6.1 Allgemeines**

Diese Prüfung gilt nicht für Stromkreise nach 10.11.2.

Eine einphasige Prüfstromquelle muss am Eingangsanschluss eines Außenleiters und am Anschluss für den ankommenden Schutzleiter angeschlossen werden. Wenn die Schaltgerätekombination einen gesonderten Schutzleiter enthält, muss die Prüfung mit dem nächstliegenden Außenleiter durchgeführt werden. Jeder repräsentative Abgang muss einzeln geprüft werden; dazu ist er mit einer geschraubten Kurzschlussbrücke zwischen dem Abgangsanschluss des entsprechenden Außenleiters dieses Abgangs und des Schutzleiters zu versehen.

Bei der Prüfung müssen die einzelnen Abgänge mit den vorgesehenen Schutzeinrichtungen ausgerüstet werden. Wenn alternative Schutzeinrichtungen in den Abgängen eingesetzt werden können, ist die Schutzeinrichtung zu verwenden, bei der der Scheitelwert des Durchlassstroms und der  $I^2t$ -Wert am größten sind.

Bei dieser Prüfung müssen die Konstruktionsteile der Schaltgerätekombination gegen Erde isoliert sein. Die Prüfspannung muss gleich dem 1,05fachen Wert der einphasigen Bemessungsbetriebsspannung sein. Sofern zwischen ursprünglichem Hersteller und Anwender der Schaltgerätekombination nicht anders vereinbart, muss der Wert des Prüfstroms im Schutzleiter bei dieser Prüfung mindestens 60 % des Außenleiterstroms während der dreiphasigen Prüfung der Schaltgerätekombination entsprechen.

**ANMERKUNG** In Südafrika (ZA) erfordert der National Electrical Code SANS 10142-1, 6.8, dass die Versorgungsspannung mindestens das 1,1fache der Nennspannung betragen muss, wenn die Bemessungsbetriebsspannung nicht mehr als 500 V beträgt

Alle übrigen Bedingungen dieser Prüfung müssen analog zu 10.11.5.2 bis einschließlich 10.11.5.4 sein.

#### 10.11.5.6.2 Bewertung der Prüfung

Die durchgehende Verbindung und die Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiterkreises darf nicht unzulässig beeinträchtigt werden, gleichgültig, ob er aus einem gesonderten Leiter oder aus Konstruktionsteilen besteht. Außer durch Besichtigung darf dies durch Messungen nachgewiesen werden, die mit einem Strom in der Größenordnung des Bemessungsstroms des betreffenden Abgangs durchgeführt werden. Eine Verformung der Umhüllung oder innerer Trennwände, Abdeckungen und Hindernisse durch den Kurzschluss ist nur soweit zulässig, dass die Schutzart nicht offensichtlich beeinträchtigt ist und dass die Luft- oder Kriechstrecken nicht unter die in 8.3 festgelegten Werte verringert werden.

ANMERKUNG 1 Wenn Konstruktionsteile als Schutzleiter verwendet werden, ist Spratzen/Funken und eine örtliche Erwärmung an Verbindungsstellen zulässig, soweit diese die durchgehende elektrische Verbindung nicht beeinträchtigen und unter der Voraussetzung, dass benachbarte brennbare Teile nicht entzündet werden.

ANMERKUNG 2 Ein Vergleich der vor und nach dieser Prüfung gemessenen Widerstandswerte zwischen dem Anschluss für den ankommenden Schutzleiter und der Schutzleiterklemme für den betreffenden abgehenden Schutzleiter ist ein Maßstab für die Einhaltung dieser Bedingung.

#### 10.12 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Für EMV-Prüfungen siehe J.10.12.

#### 10.13 Mechanische Funktion

Dieser Nachweis durch Prüfung muss nicht an Teilen von Schaltgerätekombinationen durchgeführt werden, die bereits nach den für sie geltenden Bestimmungen typgeprüft wurden, außer ihre mechanische Funktion wurde durch die Art ihres Einbaus verändert.

Für jene Teile, die einen Nachweis durch Prüfung erfordern (siehe 8.1.6), ist die einwandfreie mechanische Funktion nach Einbau in die Schaltgerätekombination nachzuweisen. Die Anzahl der Betätigungszyklen beträgt 200.

Gleichzeitig muss die Funktion mechanischer Verriegelungseinrichtungen, die mit diesen Bewegungen gekoppelt sind, geprüft werden. Die Prüfung ist bestanden, wenn die Betätigung des Geräts, der Verriegelungen, die festgelegte Schutzart usw. nicht beeinträchtigt wurde und wenn der Kraftaufwand für die Betätigung vor und nach der Prüfung praktisch unverändert bleibt.

### 11 Stücknachweis

#### 11.1 Allgemeines

Der Nachweis dient zum Feststellen von Werkstoff- und Fertigungsfehlern und um das richtige Funktionieren der fertig gestellten Schaltgerätekombination sicherzustellen. Er wird an jeder Schaltgerätekombination durchgeführt. Der Hersteller der Schaltgerätekombination muss festlegen, ob der Stücknachweis während und/oder nach der Herstellung durchzuführen ist. Wenn angemessen dient er auch zur Bestätigung, dass ein Bauartnachweis zur Verfügung steht.

Stücknachweise brauchen an in der Schaltgerätekombination eingebauten Geräten und an für sich allein verwendbaren Baugruppen nicht durchgeführt zu werden, wenn sie nach 8.5.3 ausgewählt und nach Anweisungen des Geräteherstellers eingebaut wurden.

Der Nachweis muss umfassen:

- 1) Bauanforderungen (siehe 11.2 bis 11.8):
  - a) Schutzart von Umhüllungen;
  - b) Luft- und Kriechstrecken;
  - c) Schutz gegen elektrischen Schlag und Durchgängigkeit der Schutzleiterkreise;

- d) Einbau von Betriebsmitteln;
  - e) Innere elektrische Stromkreise und Verbindungen;
  - f) Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter;
  - g) mechanische Funktion.
- 2) Verhalten (siehe 11.9 bis 11.10):
- a) Isolationseigenschaften;
  - b) Verdrahtung, Betriebsverhalten und Funktion.

## 11.2 Schutzart von Umhüllungen

Eine Sichtprüfung ist erforderlich, um nachzuweisen, dass die vorgeschriebenen Maßnahmen zum Erreichen der vorgesehenen Schutzart eingehalten werden.

## 11.3 Luft- und Kriechstrecken

Sind die Luftstrecken

- kleiner als die in Tabelle 1, muss eine Prüfung der Stoßspannungsfestigkeit übereinstimmend mit 10.9.3 durchgeführt werden;
- bei der Sichtprüfung nicht offensichtlich größer als die in Tabelle 1 angegebenen Werte (siehe 10.9.3.5) muss der Nachweis durch physikalische Messung oder durch Prüfung der Stoßspannungsfestigkeit übereinstimmend mit 10.9.3 durchgeführt werden.

Die Einhaltung der Vorgaben bezüglich Kriechstrecken (siehe 8.3.3) muss durch Sichtprüfung nachgewiesen werden. Ist dies durch Sichtprüfung nicht offensichtlich muss der Nachweis durch physikalisches Messen erbracht werden.

## 11.4 Schutz gegen elektrischen Schlag und Durchgängigkeit der Schutzleiterkreise

Die vorgeschriebenen Maßnahmen in Bezug auf Basisschutz und Fehlerschutz (siehe 8.4.2 und 8.4.3) müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden.

Die Schutzleiterkreise müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden, um nachzuweisen, dass die in 8.4.3 vorgeschriebenen Maßnahmen eingehalten werden.

Geschraubte Verbindungen müssen stichprobenartig überprüft werden, ob sie korrekt angezogen sind.

## 11.5 Einbau von Betriebsmitteln

Der Einbau und die Kennzeichnung von eingebauten Betriebsmitteln müssen mit den Fertigungsunterlagen für die Schaltgerätekombination übereinstimmen.

## 11.6 Innere elektrische Stromkreise und Verbindungen

Verbindungen, insbesondere geschraubte Verbindungen, müssen stichprobenartig überprüft werden, ob sie korrekt angezogen sind.

Leiter müssen auf Übereinstimmung mit den Fertigungsunterlagen für die Schaltgerätekombination überprüft werden.

## 11.7 Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter

Die Anzahl, der Typ und die Kennzeichnung von Anschlüssen müssen auf Übereinstimmung mit den Fertigungsunterlagen für die Schaltgerätekombination überprüft werden.

### 11.8 Mechanische Funktion

Die Wirksamkeit von mechanischen Betätigungselementen, Verriegelungen und Verschlüssen, einschließlich derer in Verbindung mit herausnehmbaren Teilen, muss überprüft werden.

### 11.9 Isolationseigenschaften

Eine Prüfung der betriebsfrequenten Isolationsfestigkeit muss an allen Stromkreisen übereinstimmend mit 10.9.2, aber für 1 s Dauer durchgeführt werden.

Diese Prüfung ist für Hilfsstromkreise nicht erforderlich,

- die durch eine Kurzschlusschutzeinrichtung bis 16 A geschützt sind;
- wenn vorher eine elektrische Funktionsprüfung mit der Bemessungsbetriebsspannung, für die die Hilfsstromkreise vorgesehen sind, durchgeführt wurde.

Alternativ darf für Schaltgerätekombinationen mit einer Schutzeinrichtung in der Einspeisung, bemessen bis 250 A, der Nachweis des Isolationswiderstands durch Messung mit einem Isolations-Messgerät bei einer Spannung von mindestens 500 V Gleichspannung erfolgen.

In diesem Fall ist die Prüfung bestanden, wenn der Isolationswiderstand zwischen Stromkreisen und Körpern mindestens  $1\,000\ \Omega/V$  je Stromkreis, bezogen auf die Versorgungsspannung dieser Stromkreise gegen Erde, beträgt.

### 11.10 Verdrahtung, Betriebsverhalten und Funktion

Es muss sichergestellt werden, dass die in Abschnitt 6 festgelegten Angaben und Kennzeichnungen vollständig sind.

Abhängig von der Komplexität der Schaltgerätekombination kann es erforderlich sein, die Verdrahtung zu überprüfen und eine elektrische Funktionsprüfung durchzuführen. Das Prüfverfahren und die Anzahl der Prüfungen hängen davon ab, ob die Schaltgerätekombination komplizierte Verriegelungen, Ablaufsteuerungen usw. aufweist.

ANMERKUNG In einigen Fällen kann es erforderlich sein, diese Prüfung vor Ort durchzuführen oder zu wiederholen, bevor die Anlage in Betrieb genommen wird.

— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

**Tabelle 1 – Mindestluftstrecken<sup>a)</sup> (8.3.2)**

Bemessungsstoßspannungsfestigkeit $U_{imp}$ kV	Mindestluftstrecke mm
≤ 2,5	1,5
4,0	3,0
6,0	5,5
8,0	8,0
12,0	14,0

<sup>a)</sup> Basierend auf inhomogenem Feld und Verschmutzungsgrad 3.

**Tabelle 2 – Mindestkriechstrecken (8.3.3)**

Bemessungs- isoliations- spannung $U_i$  $V^{b)}$	Mindestkriechstrecke mm							
	Verschmutzungsgrad							
	1	2			3			
	Werkstoffgruppe <sup>c)</sup>	Werkstoffgruppe <sup>c)</sup>			Werkstoffgruppe <sup>c)</sup>			
	I	I	II	IIIa und IIIb	I	II	IIIa	IIIb
32	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
40	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8
50	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	1,9	1,9
63	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8	2	2
80	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	1,9	2,1	2,1
100	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	2	2,2	2,2
125	1,5	1,5	1,5	1,5	1,9	2,1	2,4	2,4
160	1,5	1,5	1,5	1,6	2	2,2	2,5	2,5
200	1,5	1,5	1,5	2	2,5	2,8	3,2	3,2
250	1,5	1,5	1,8	2,5	3,2	3,6	4	4
320	1,5	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5	5
400	1,5	2	2,8	4	5	5,6	6,3	6,3
500	1,5	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8,0	8,0
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	10
800	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5	10
1 000	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16	a)
1 250	4,2	6,3	9	12,5	16	18	20	a)
1 600	5,6	8	11	16	20	22	25	a)

- <sup>a)</sup> Isolierung der Werkstoffgruppe IIIb wird nicht für Verwendung bei Verschmutzungsgrad 3 bei über 630 V empfohlen.
- <sup>b)</sup> Als Ausnahme dürfen bei den Bemessungsspannungen 127, 208, 415, 440, 660/690 und 830 V Kriechstrecken entsprechend den kleineren Werten 125, 200, 400, 630 and 800 V verwendet werden.
- <sup>c)</sup> Folgende Werkstoffgruppen sind entsprechend dem Wertebereich der Vergleichszahl für Kriechwegbildung (CTI) festgelegt (siehe 3.6.17):
- Werkstoffgruppe I       $600 \leq CTI$
  - Werkstoffgruppe II      $400 \leq CTI < 600$
  - Werkstoffgruppe IIIa    $175 \leq CTI < 400$
  - Werkstoffgruppe IIIb    $100 \leq CTI < 175$

**ANMERKUNG** Die CTI-Werte beziehen sich auf die Ergebnisse, die nach IEC 60112, Verfahren A, für den Isolierstoff ermittelt wurden.

**Tabelle 3 – Querschnitte für Schutzleiter aus Kupfer (8.4.3.2.2)**

Bemessungsbetriebsstrom $I_e$ A	Mindestquerschnitt für Schutzleiter mm <sup>2</sup>
$I_e \leq 20$	$S$ <sup>a)</sup>
$20 < I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 < I_e$	10

<sup>a)</sup>  $S$  = Querschnitt des Außenleiters (mm<sup>2</sup>).

**Tabelle 4 – Leiterauswahl und Verlegebedingungen (8.6.4)**

Leiterart	Anforderungen
Blanke Leiter oder einadrige Leiter mit Basisisolierung, z. B. nach IEC 60227-3	Gegenseitige Berührung oder Berührung mit leitfähigen Teilen muss verhindert sein, z. B. durch die Verwendung von Abstandhaltern.
Einadrige Leiter mit Basisisolierung und einer zulässigen Betriebstemperatur des Leiters von mindestens 90 °C, z. B. Leitungen nach IEC 60245-3, oder wärmebeständige thermoplastische (PVC)-isolierte Leitungen nach IEC 60227-3	Gegenseitige Berührung oder Berührung mit leitfähigen Teilen ist ohne äußere Druckeinwirkung zulässig. Berührung mit scharfen Kanten ist zu verhindern.  Diese Leiter dürfen nur so belastet werden, dass eine Betriebstemperatur von 80 % der höchstzulässigen Betriebstemperatur am Leiter nicht überschritten wird.
Leiter mit Basisisolierung, z. B. Leitungen nach IEC 60227-3, die eine zusätzliche zweite Isolierung haben, z. B. Leitungen, einzeln mit Schrumpfschlauch überzogen oder einzeln in Kunststoffrohren verlegt	Keine zusätzlichen Anforderungen
Leiter, die mit einem Werkstoff von sehr hoher mechanischer Festigkeit isoliert sind, z. B. Ethylen-Tetrafluorethylen-(ETFE-)Isolierung, oder doppelt isolierte Leiter mit einem verstärkten Außenmantel, bemessen für die Verwendung bis 3 kV, z. B. Leitungen nach IEC 60502	
Ein- oder mehradrige Mantelleitungen, z. B. Leitungen nach IEC 60245-4 oder IEC 60227-4	

**Tabelle 5 – Mindest-Anschlussvermögen für Schutzleiter aus Kupfer (PE, PEN) (8.8)**

Querschnittsbereich der Außenleiter $S$ mm <sup>2</sup>	Mindestquerschnitt des entsprechenden Schutzleiters (PE, PEN) $S_p$ <sup>a)</sup> mm <sup>2</sup>
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$
$400 < S \leq 800$	200
$800 < S$	$S/4$

<sup>a)</sup> Der Neutralleiterstrom kann durch Oberschwingungen in der Last deutlich beeinflusst werden. Siehe 8.6.1

**Tabelle 6 – Grenzüberemperaturen (9.2)**

Teile der Schaltgerätekombination	Grenzüberemperatur K
Eingebaute Betriebsmittel <sup>a)</sup>	Übereinstimmend mit den Anforderungen der zutreffenden Produktnorm für die einzelnen Betriebsmittel oder entsprechend den Anweisungen <sup>f)</sup> des Herstellers des Betriebsmittels unter Berücksichtigung der Innentemperatur der Schaltgerätekombination
Anschlüsse für von außen eingeführte isolierte Leiter	70 <sup>b)</sup>
Sammelschienen und Leiter	Begrenzt durch <sup>f)</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>– mechanische Festigkeit der Leiterwerkstoffe <sup>g)</sup>;</li> <li>– möglichen Einfluss auf benachbarte Betriebsmittel;</li> <li>– zulässige Grenztemperatur der Isolierstoffe, die der Leiter berührt;</li> <li>– Rückwirkungen der Leitertemperatur auf die angeschlossenen Geräte;</li> <li>– Art und Oberfläche des Kontaktmaterials bei Steckkontakten.</li> </ul>
Bedienteile: – aus Metall	15 <sup>c)</sup>
– aus Isolierstoff	25 <sup>c)</sup>
Berührbare Außenflächen von Umhüllungen oder Verkleidungen – aus Metall	30 <sup>d)</sup>
– aus Isolierstoff	40 <sup>d)</sup>
Steckverbindungen	Bestimmt durch den Grenzwert für die zugehörigen Betriebsmittel, deren Bestandteil sie sind <sup>e)</sup>
<p><sup>a)</sup> Der Begriff „eingebaute Betriebsmittel“ bedeutet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– konventionelle Schaltgeräte;</li> <li>– elektronische Baugruppen (z. B. Gleichrichtersatz, gedruckte Schaltung);</li> <li>– Teile von Betriebsmitteln (z. B. Regler, stabilisierte Stromversorgungseinheit, Operationsverstärker).</li> </ul> <p><sup>b)</sup> Die Grenzüberemperatur 70 K basiert auf der konventionellen Prüfung nach 10.10. Eine Schaltgerätekombination, die unter praktischen Betriebsbedingungen verwendet oder geprüft wird, darf mit Leitungen verbunden sein, deren Art, Beschaffenheit und Anordnung von denen abweicht, die für die konventionelle Prüfung festgelegt sind. Daraus können sich abweichende Übertemperaturen der Anschlüsse ergeben, diese dürfen gefordert oder zugelassen werden. Wenn die Anschlüsse des eingebauten Betriebsmittels ebenfalls die Anschlüsse für von außen eingeführte isolierte Leiter sind, muss die niedrigere der zutreffenden Grenzüberemperaturen angewendet werden.</p> <p><sup>c)</sup> Für Bedienteile in einer Schaltgerätekombination, die erst nach Öffnen der Schaltgerätekombination zugänglich sind, z. B. Griffe zum Herausziehen, die selten benutzt werden, dürfen diese Werte der Grenzüberemperaturen um 25 K überschritten werden.</p> <p><sup>d)</sup> Soweit nichts anderes verlangt wird, dürfen Verkleidungen und Umhüllungen, die zugänglich sind, aber im üblichen Betrieb nicht berührt zu werden brauchen, eine 10 K höhere Grenzüberemperatur erreichen. Äußere Oberflächen und Teile höher als 2 m über der Standfläche der Schaltgerätekombination werden als unzugänglich angesehen.</p> <p><sup>e)</sup> Dies erlaubt eine gewisse Flexibilität, wenn für diese Betriebsmittel (z. B. elektronische Geräte) andere Grenzüberemperaturen gelten als üblicherweise für Schaltgeräte.</p> <p><sup>f)</sup> Für Erwärmungsprüfungen nach 10.10 müssen die Grenzüberemperaturen durch den ursprünglichen Hersteller der Schaltgerätekombination angegeben werden, wobei alle zusätzlichen, vom Betriebsmittelhersteller vorgegeben, Messpunkte und Grenzwerte berücksichtigt werden müssen.</p> <p><sup>g)</sup> Unter der Voraussetzung, dass alle anderen gelisteten Kriterien erfüllt sind, darf eine maximale Grenzüberemperatur von 105 K für blanke Kupfersammelschienen und -leiter nicht überschritten werden.</p> <p><b>ANMERKUNG</b> Der Wert von 105 K bezieht sich auf die Temperatur, oberhalb der eine Entfestigung von Kupfer wahrscheinlich ist. Andere Werkstoffe können eine andere Grenzüberemperatur besitzen.</p>	

**Tabelle 7 – Werte des Faktors  $n$ <sup>a)</sup> (9.3.3)**

Effektivwert des Kurzschlussstroms kA	$\cos \varphi$	$n$
$I \leq 5$	0,7	1,5
$5 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2

a) Die Werte entsprechen den meisten Anwendungsfällen. An bestimmten Einbauorten, z. B. in der Nähe von Transformatoren oder Generatoren, können niedrigere Werte des Leistungsfaktors auftreten; dadurch kann der Scheitelwert des unbeeinflussten Kurzschlussstroms anstelle des Effektivwerts des Kurzschlussstroms zum begrenzenden Wert werden.

**Tabelle 8 – Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit für Hauptstromkreise (10.9.2)**

Bemessungsisolationsspannung $U_i$ (Leiter gegen Leiter, AC oder DC) V	Prüfspannung (AC-Effektivwert) V	Prüfspannung <sup>b)</sup> (DC) V
$U_i \leq 60$	1 000	1 415
$60 < U_i \leq 300$	1 500	2 120
$300 < U_i \leq 690$	1 890	2 670
$690 < U_i \leq 800$	2 000	2 830
$800 < U_i \leq 1 000$	2 200	3 110
$1 000 < U_i \leq 1 500$ <sup>a)</sup>	–	3 820

a) Nur für Gleichspannung.  
b) Prüfspannungen basieren auf 4.1.2.3.1, dritter Absatz von IEC 60664-1.

**Tabelle 9 – Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit für Hilfs- und Steuerstromkreise (10.9.2)**

Bemessungsisolationsspannung $U_i$ (Leiter gegen Leiter) V	Prüfspannung (AC-Effektivwert) V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	Siehe Tabelle 8

— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

**Tabelle 10 – Prüfstoßspannungen (10.9.3)**

Bemessungs- stoßspannungs- festigkeit $U_{imp}$ kV	Prüfspannungen und entsprechende Höhenlagen während der Prüfung									
	$U_{1,2/50}$ AC-Spitzenwert und DC kV					AC-Effektivwert kV				
	N.N.	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m	N.N.	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,95	2,8	2,8	2,7	2,5	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8
4,0	4,8	4,8	4,7	4,4	4,0	3,4	3,4	3,3	3,1	2,8
6,0	7,3	7,2	7,0	6,7	6,0	5,1	5,1	5,0	4,7	4,2
8,0	9,8	9,6	9,3	9,0	8,0	6,9	6,8	6,6	6,4	5,7
12,0	14,8	14,5	14,0	13,3	12,0	10,5	10,3	9,9	9,4	8,5

**Tabelle 11 – Kupfer-Prüfleiter für Bemessungsströme bis einschließlich 400 A (10.10.2.3.2)**

Bereich des Bemessungsstroms <sup>a)</sup>		Leiterquerschnitt <sup>b), c)</sup>	
A		mm <sup>2</sup>	AWG/MCM
0	8	1,0	18
8	12	1,5	16
12	15	2,5	14
15	20	2,5	12
20	25	4,0	10
25	32	6,0	10
32	50	10	8
50	65	16	6
65	85	25	4
85	100	35	3
100	115	35	2
115	130	50	1
130	150	50	0
150	175	70	00
175	200	95	000
200	225	95	0000
225	250	120	250
250	275	150	300
275	300	185	350
300	350	185	400
350	400	240	500

a) Der Wert des Bemessungsstroms muss größer als der erste Wert in der ersten Spalte und kleiner oder gleich dem zweiten Wert in dieser Spalte sein.

b) Mit Zustimmung des Herstellers dürfen zur Vereinfachung der Prüfung auch kleinere als die für den bestimmten Bemessungsstrom angegebenen Leiter verwendet werden.

c) Einer der beiden angegebenen Leiter darf verwendet werden.

**Tabelle 12 – Kupfer-Prüfleiter für Bemessungsströme von 400 A bis 4 000 A (10.10.2.3.2)**

Bereich des Bemessungsstroms <sup>a)</sup>	Prüfleiter			
	Leitungen		Kupferschienen <sup>b)</sup>	
	Anzahl	Querschnitt mm <sup>2</sup>	Anzahl	Maße mm (B × H)
A				
400 bis 500	2	150	2	30 × 5
500 bis 630	2	185	2	40 × 5
630 bis 800	2	240	2	50 × 5
800 bis 1 000			2	60 × 5
1 000 bis 1 250			2	80 × 5
1 250 bis 1 600			2	100 × 5
1 600 bis 2 000			3	100 × 5
2 000 bis 2 500			4	100 × 5
2 500 bis 3 150			3	100 × 10
3 150 bis 4 000			4	100 × 10

<sup>a)</sup> Der Wert des Bemessungsstroms muss größer sein als der erste Wert und kleiner oder gleich dem zweiten Wert.

<sup>b)</sup> Schienenanordnung hochkant (vertikale Lage der Schienenbreite). Flache Anordnung (horizontale Lage der Schienenbreite) ist zulässig, wenn vom Hersteller angegeben.

— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

**Tabelle 13 – Kurzschluss-Nachweis durch Vergleich mit einer Referenzkonstruktion:  
Checkliste (10.11.3 und 10.11.4)**

Punkt Nr.	Zu bewertende Elemente	JA	NEIN
1	Ist der Bemessungswert der Kurzschlussfestigkeit jedes Stromkreises der zu überprüfenden Schaltgerätekombination kleiner oder gleich des der Referenzkonstruktion?		
2	Sind die Querschnittsabmessungen der Sammelschienen und Verbindungen jedes Stromkreises der zu überprüfenden Schaltgerätekombination größer oder gleich denen der Referenzkonstruktion?		
3	Sind die Mittenabstände der Sammelschienen und der Verbindungen jedes Stromkreises der zu überprüfenden Schaltgerätekombination größer oder gleich denen der Referenzkonstruktion?		
4	Sind die Sammelschienenhalter jedes Stromkreises der zu überprüfenden Schaltgerätekombination vom selben Typ, von derselben Form und aus demselben Werkstoff und haben denselben oder kleineren Mittenabstand über die Länge der Sammelschiene wie die Referenzkonstruktion? Hat die Tragstruktur für die Sammelschienenhalterung die gleiche Konstruktion und mechanische Festigkeit?		
5	Sind der Werkstoff und die Werkstoffeigenschaften der Leiter jedes Stromkreises der zu überprüfenden Schaltgerätekombination dieselben wie die der Referenzkonstruktion?		
6	Sind die Kurzschlusschutzeinrichtungen jedes Stromkreises der zu überprüfenden Schaltgerätekombination gleichwertig, d. h. gleicher Hersteller und gleiche Baureihe <sup>a)</sup> mit gleichen oder besseren Strombegrenzungseigenschaften ( $I^2t$ , $I_{pk}$ ) nach Angaben des Geräteherstellers und ist ihre Anordnung identisch mit der in der Referenzkonstruktion?		
7	Ist die Länge der ungeschützten aktiven Leiter entsprechend 8.6.4 jedes ungeschützten Stromkreises der zu überprüfenden Schaltgerätekombination kleiner oder gleich der der Referenzkonstruktion?		
8	Falls die zu überprüfende Schaltgerätekombination eine Umhüllung aufweist, schloss die Referenzkonstruktion dann während des Nachweises durch Prüfung auch eine Umhüllung ein?		
9	Entspricht die Umhüllung der zu überprüfenden Schaltgerätekombination in Konstruktion und Bauart der Referenzkonstruktion und hat sie mindestens dieselben Abmessungen?		
10	Entsprechen die Abteile jedes Stromkreises der zu überprüfenden Schaltgerätekombination der mechanischen Konstruktion der Referenzkonstruktion und haben sie mindestens dieselben Abmessungen?		
„JA“ bei allen Elementen – keine weiteren Nachweise erforderlich.			
„NEIN“ bei einem der Elemente – weitere Nachweise erforderlich, siehe 10.11.4 und 10.11.5.			
<sup>a)</sup> Kurzschlusschutzeinrichtungen des gleichen Herstellers, aber aus einer anderen Baureihe können als gleichwertig angesehen werden, wenn der Gerätehersteller bestätigt, dass die Verhaltenseigenschaften in jeder relevanten Hinsicht gleich oder besser sind als die der für den Nachweis verwendeten Baureihe, z. B. Schaltvermögen, Strombegrenzungseigenschaften ( $I^2t$ , $I_{pk}$ ) und kritische Abstände.			

**Tabelle 14 – Zusammenhang zwischen unbeeinflusstem Fehlerstrom und dem Durchmesser des Kupferdrahts**

Durchmesser des Kupferdrahts	Unbeeinflusster Fehlerstrom im Stromkreis des Schmelzleiters
mm	A
0,1	50
0,2	150
0,3	300
0,4	500
0,5	800
0,8	1 500

## Anhang A (normativ)

### Größte und kleinste Anschlussquerschnitte für von außen eingeführte Kupferleiter (siehe 8.8)

Die nachstehende Tabelle gilt für den Anschluss eines Kupferleiters je Anschlussstelle.

**Tabelle A.1 – Anschlussquerschnitte für von außen eingeführte Kupferleiter**

Bemessungsstrom	Ein- und mehrdrätige Leiter		Feindrätige Leiter	
	Querschnitte		Querschnitte	
	min.	max.	min.	max.
A	mm <sup>2</sup>		mm <sup>2</sup>	
6	0,75	1,5	0,5	1,5
8	1	2,5	0,75	2,5
10	1	2,5	0,75	2,5
13	1	2,5	0,75	2,5
16	1,5	4	1	4
20	1,5	6	1	4
25	2,5	6	1,5	4
32	2,5	10	1,5	6
40	4	16	2,5	10
63	6	25	6	16
80	10	35	10	25
100	16	50	16	35
125	25	70	25	50
160	35	95	35	70
200	50	120	50	95
250	70	150	70	120
315	95	240	95	185

Wenn die von außen eingeführten Leiter direkt an eingebaute Geräte angeschlossen werden, gelten die in den einschlägigen Bestimmungen festgelegten Querschnitte.

Wenn andere Leiter als in der Tabelle angegeben erforderlich sind, muss eine besondere Vereinbarung zwischen Hersteller der Schaltgerätekombination und Anwender getroffen werden.

## Anhang B (normativ)

### Verfahren für die Querschnittsberechnung von Schutzleitern im Hinblick auf thermische Beanspruchung durch Ströme von kurzer Dauer

Der Querschnitt von Schutzleitern, die den thermischen Beanspruchungen von Strömen während einer Dauer von 0,2 s bis 5 s standhalten müssen, ist mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

Dabei ist

$S_p$  der Querschnitt in Quadratmillimetern;

$I$  der Wert des Kurzschlusswechselstroms (Effektivwert) bei einem Fehler mit vernachlässigbarer Impedanz, der durch die Kurzschlusseinrichtung fließen kann, in Ampere;

$t$  die Ausschaltzeit der Abschalteinrichtung in Sekunden;

ANMERKUNG Der strombegrenzende Effekt der Impedanzen des Stromkreises und die strombegrenzenden Eigenschaften der Schutzeinrichtung ( $I^2 t$ ) sollten berücksichtigt werden.

$k$  der Faktor, der vom Werkstoff des Schutzleiters, von der Isolierung und anderen Teilen sowie von der Anfangs- und Endtemperatur abhängt, siehe Tabelle B.1.

**Tabelle B.1 – Werte des Faktors  $k$  für isolierte Schutzleiter, die nicht in Kabeln/Leitungen enthalten sind, oder für blanke Schutzleiter bei Berührung mit Kabelumhüllungen**

	Isolierung des Schutzleiters oder Kabelumhüllung		
	thermoplastisch (PVC)	VPE EPR blanke Leiter	Butyl-Gummi
Endtemperatur des Leiters	160 °C	250 °C	220 °C
	Faktor $k$		
Leiterwerkstoff:			
Kupfer	143	176	166
Aluminium	95	116	110
Stahl	52	64	60
Die Anfangstemperatur des Leiters ist mit 30 °C angenommen.			

Weitere Einzelheiten siehe IEC 60364-5-54.

## Anhang C (informativ)

### Vorlage für durch den Anwender festzulegende Punkte

Dieser Anhang dient als Vorlage zur Identifikation von notwendigen Angaben für den Hersteller einer Schaltgerätekombination, die durch den Anwender anzugeben sind

Er ist dafür vorgesehen in den jeweiligen Schaltgerätekombinationsnormen verwendet und angepasst zu werden.

**Tabelle C.1 – Vorlage**

Vom Anwender festzulegende Merkmale	Verweis auf Abschnitt	Vorzugswert <sup>b)</sup>	In der Norm gelistete Optionen	Anwender-Anforderung <sup>a)</sup>
<b>Elektrisches Netz</b>				
System nach Art der Erdverbindung	5.5, 8.4.3.1, 8.4.3.2.3, 8.6.2, 10.5, 11.4	Standardausführung des Herstellers, ausgewählt entsprechend den örtlichen Anforderungen	TT / TN-C / TN-C-S / IT, TN-S	
Nennspannung der Stromversorgung (V)	3.8.8.1, 5.2.1, 8.5.3	Entsprechend der örtlichen Installationsbedingungen	max 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.	
transiente Überspannungen	5.2.4, 8.5.3, 9.1, Anhang G	Durch das elektrische System bestimmt	Überspannungskategorie I / II / III / IV	
zeitweilige Überspannungen	9.1	Nennspannung des Systems + 1 200 V	keine	
Bemessungsfrequenz $f_n$ (Hz)	3.8.11, 5.4, 8.5.3, 10.10.2.3, 10.11.5.4	Entsprechend der örtlichen Installationsbedingungen	d.c./50 Hz/60 Hz	
Zusätzliche Anforderungen für Prüfungen vor Ort: Verdrahtung, Betriebsverhalten und Funktion.	11.10	Standardausführung des Herstellers, entsprechend der Anwendung	keine	
<b>Kurzschlussfestigkeit</b>				
Unbeeinflusster Kurzschlussstrom an den Anschlüssen der Einspeisung $I_{cp}$ (kA)	3.8.6	Durch das elektrische System bestimmt	keine	
Unbeeinflusster Kurzschlussstrom im Neutralleiter	10.11.5.3.5	Max. 60 % des Außenleiterwerts	keine	
Unbeeinflusster Kurzschlussstrom im Schutzleiterstromkreis	10.11.5.6	Max. 60 % des Außenleiterwerts	keine	
Anforderung, ob SCPD in der Einspeisung	9.3.2	Entsprechend der örtlichen Installationsbedingungen	Ja/Nein	
Angaben zur Koordination von Kurzschluss-Schutzeinrichtungen einschließlich Kurzschluss-Schutzeinrichtungen außerhalb der Schaltgerätekombination	9.3.4	Entsprechend der örtlichen Installationsbedingungen	keine	
Angaben zu Lasten, die möglicherweise zum Kurzschlussstrom beitragen.	9.3.2	Keine Lasten zulässig, die möglicherweise zum Kurzschlussstrom beitragen	keine	

— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

Tabelle C.1 (fortgesetzt)

Vom Anwender festzulegende Merkmale	Verweis auf Abschnitt	Vorzugswert <sup>b)</sup>	In der Norm gelistete Optionen	Anwender-Anforderung <sup>a)</sup>
<b>Schutz von Personen gegen elektrischen Schlag nach IEC 60364-4-41</b>				
Art des Schutzes gegen elektrischen Schlag – Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren)	8.4.2	Basisschutz	Entsprechend der örtlichen Installationsvorschriften	
Art des Schutzes gegen elektrischen Schlag – Fehlerschutz (Schutz gegen indirektes Berühren)	8.4.3	Entsprechend der örtlichen Installationsbedingungen	Automatische Abschaltung der Stromversorgung/Schutzrennung/Schutzisolierung	
<b>Installationsumgebung</b>				
Aufstellungsort	3.5, 8.1.4, 8.2	Standardausführung des Herstellers, entsprechend der Anwendung	Innenraum/Freiluftaufstellung	
Schutz gegen Eindringen fester Fremdkörper und von Flüssigkeit	8.2.2, 8.2.3	Innenraum (geschlossen): IP2X Freiluftaufstellung (min.): IP 23	IP00, 2X, 3X, 4X, 5X, 6X Nach dem Entfernen herausnehmbarer Teile: Der Schutzgrad kann sich entsprechend den Vorgaben des Herstellers zur Betriebsstellung reduzieren	
Äußere Mechanische Einwirkung (IK)	8.2.1, 10.2.6	keine	keine	
Beständigkeit gegen UV-Strahlung (gilt nur für Freiluftaufstellung, wenn nicht anders festgelegt)	10.2.4	Innenraum : Nicht zutreffend Freiluftaufstellung: gemäßigttes Klima		
Korrosionsbeständigkeit	10.2.2	Normal Innenraum/Freiluftaufstellung		
Umgebungstemperatur – Untergrenze	7.1.1	Innenraum: –5 °C Freiluft: –25 °C	keine	
Umgebungstemperatur – Obergrenze	7.1.1	40 °C	keine	
Umgebungstemperatur – maximaler täglicher Mittelwert	7.1.1	35 °C	keine	
Maximale Luftfeuchte	7.1.2	Innenraum: 50 % bei 40 °C Freiluft: 100 % bei 25 °C	keine	
Verschmutzungsgrad	7.1.3	Industrie: 3	1, 2, 3	
Höhe	7.1.4	≤ 2 000 m		
EMV-Umgebung (A oder B)	9.4, 10.12, Anhang J	A/B	A/B	
Besondere Betriebsbedingungen (z. B. Schwingungen, außerwöhnliche Betauung, starke Verschmutzung, korrosive Atmosphäre, starke elektrische oder magnetische Felder, Pilze, Kleintiere, Explosionsgefährdung, heftige Erschütterungen und Stöße, Erdbeben)	7.2, 8.5.4, 9.3.3 Tabelle 7	Keine besonderen Betriebsbedingungen		

Tabelle C.1 (fortgesetzt)

Vom Anwender festzulegende Merkmale	Verweis auf Abschnitt	Vorzugswert <sup>b)</sup>	In der Norm gelistete Optionen	Anwender-Anforderung <sup>a)</sup>
<b>Art der Aufstellung</b>				
Bauform	3.3, 5.5	Standardausführung des Herstellers	Verschiedene, z. B. auf dem Boden stehend, Wandaufbau	
Ortsveränderbar oder ortsfest	3.5	Ortsfest	Ortsfest/ortsveränderbar	
Maximale äußere Abmessungen und Masse	6.2.1	Standardausführung des Herstellers, entsprechend der Anwendung		
Art(en) der von außen eingeführten Leiter	8.8	Standardausführung des Herstellers	Kabel/Schienenverteiler	
Lage der von außen eingeführten Leiter	8.8	Standardausführung des Herstellers		
Werkstoff der von außen eingeführten Leiter	8.8	Kupfer	Kupfer/Aluminium	
Querschnitt und Anschluss der von außen eingeführten Außenleiter	8.8	Wie in der Norm vorgegeben		
Querschnitt und Anschluss der von außen eingeführten PE-, N- und PEN-Leiter	8.8	Wie in der Norm vorgegeben		
Besondere Anforderungen für die Kennzeichnung von Anschlüssen	8.8	Standardausführung des Herstellers		
<b>Lagerung und Handhabung</b>				
Maximale Abmessungen und Masse der Transporteinheiten	6.2.2, 10.2.5	Standardausführung des Herstellers		
Art des Transports (z. B. Gabelstapler, Kran)	6.2.2, 8.1.7	Standardausführung des Herstellers		
Von Betriebsbedingungen abweichende Umgebungsbedingungen	7.3	Wie Bedingungen im Betrieb		
Einzelheiten zur Verpackung	6.2.2	Standardausführung des Herstellers		
<b>Bedienbarkeit</b>				
Zugang zu manuell betätigten Geräten	8.4		Befugte Personen/Laien	
Anordnung von manuell betätigten Geräten	8.5.5	Leicht erreichbar		
Trennung der Abgangsstromkreise	8.4.2, 8.4.3.3, 8.4.5.2	Standardausführung des Herstellers	Einzel/gruppenweise/alle	

— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

Tabelle C.1 (fortgesetzt)

Vom Anwender festzulegende Merkmale	Verweis auf Abschnitt	Vorzugswert <sup>b)</sup>	In der Norm gelistete Optionen	Anwender-Anforderung <sup>a)</sup>
<b>Wartung und Erweiterung</b>				
Anforderungen bezogen auf Zugängigkeit im Betrieb durch Laien, Anforderung Geräte zu bedienen oder Bauteile auszutauschen, während die Schaltgerätekombination unter Spannung steht	8.4.6.1	Basisschutz		
Anforderungen bezogen auf Zugängigkeit für Überprüfungen und ähnliche Tätigkeiten	8.4.6.2.2	Keine Anforderungen an Zugänglichkeit		
Anforderungen bezogen auf Zugängigkeit im Betrieb für Wartung durch berechnigte Personen	8.4.6.2.3	Keine Anforderungen an Zugänglichkeit		
Anforderungen bezogen auf Zugängigkeit im Betrieb für Erweiterung durch berechnigte Personen	8.4.6.2.4	Keine Anforderungen an Zugänglichkeit		
Art der elektrischen Verbindung von Funktionseinheiten	8.5.1, 8.5.2	Standardausführung des Herstellers		
Schutz gegen elektrischen Schlag durch direktes Berühren von inneren gefährlichen aktiven Teilen während Wartung oder Erweiterung (z. B. Funktionseinheiten, Hauptsammelschienen, Verteilschienen)	8.4	Keine Anforderungen an Schutz während Wartung oder Erweiterung		
<b>Stromtragfähigkeit</b>				
Bemessungsstrom der Schaltgerätekombination $I_{nA}$ (A)	3.8.9.1, 5.3, 8.4.3.2.3, 8.5.3, 8.8, 10.10.2, 10.10.3, 10.11.5, Anhang E	Standardausführung des Herstellers, entsprechend der Anwendung		
Bemessungsstrom von Stromkreisen $I_{nc}$ (A)	5.3.2	Standardausführung des Herstellers, entsprechend der Anwendung		
Bemessungsbelastungsfaktor	5.3.3, 10.10.2.3, Anhang E	Entsprechend der Norm	RDF für Gruppen von Stromkreisen / RDF für die gesamte Schaltgerätekombination	
Verhältnis des Querschnitts des Neutralleiters zum Querschnitt der Außenleiter: Außenleiter bis einschließlich 16 mm <sup>2</sup>	8.6.1	100 %		
Verhältnis des Querschnitts des Neutralleiters zum Querschnitt der Außenleiter: Außenleiter größer 16 mm <sup>2</sup>	8.6.1	50 % (min. 16 mm <sup>2</sup> )		
<sup>a)</sup> Bei außergewöhnlich schwierigen Anwendungen kann es erforderlich sein, dass der Anwender schärfere Anforderungen als in dieser Norm festlegt. <sup>b)</sup> Angaben des Herstellers der Schaltgerätekombination dürfen in bestimmten Fällen anstelle einer solchen Vereinbarung verwendet werden.				

## Anhang D (informativ)

### Bauartnachweis

**Tabelle D.1 – Liste der durchzuführenden Bauartnachweise**

Nr.	Nachzuweisende Merkmale	Abschnitt	Verfügbare Auswahl zum Nachweis		
			Nachweis durch Prüfung	Nachweis durch Berechnung	Nachweis durch Konstruktionsregeln
1	Festigkeit von Werkstoffen und Teilen:	10.2			
	Korrosionsbeständigkeit	10.2.2	JA	NEIN	NEIN
	Eigenschaften von Isolierwerkstoffen:	10.2.3			
	Wärmebeständigkeit	10.2.3.1	JA	NEIN	NEIN
	Widerstandsfähigkeit gegen außergewöhnliche Wärme und Feuer aufgrund von inneren elektrischen Auswirkungen	10.2.3.2	JA	NEIN	NEIN
	Beständigkeit gegen UV-Strahlung	10.2.4	JA	NEIN	NEIN
	Anheben	10.2.5	JA	NEIN	NEIN
	Schlagprüfung	10.2.6	JA	NEIN	NEIN
Aufschriften	10.2.7	JA	NEIN	NEIN	
2	Schutzart von Umhüllungen	10.3	JA	NEIN	JA
3	Luftstrecken	10.4	NEIN	NEIN	JA
4	Kriechstrecken	10.4	JA	NEIN	JA
5	Schutz gegen elektrischen Schlag und Durchgängigkeit von Schutzleiterkreisen:	10.5			
	Durchgängigkeit der Verbindung zwischen Körpern der Schaltgerätekombination und Schutzleiterstromkreis	10.5.2	JA	NEIN	NEIN
	Kurzschlussfestigkeit des Schutzleiterkreises	10.5.3	JA	JA	JA
6	Einbau von Betriebsmitteln	10.6	NEIN	NEIN	JA
7	Innere elektrische Stromkreise und Verbindungen	10.7	NEIN	NEIN	JA
8	Anschlüsse für von außen eingeführte Leiter	10.8	NEIN	NEIN	JA
9	Isolationseigenschaften:	10.9			
	Betriebsfrequente Spannungsfestigkeit	10.9.2	JA	NEIN	NEIN
	Stoßspannungsfestigkeit	10.9.3	JA	NEIN	JA
10	Erwärmungsgrenzen	10.10	JA	JA	JA
11	Kurzschlussfestigkeit	10.11	JA	JA	JA
12	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	10.12	JA	NEIN	JA
13	Mechanische Funktion	10.13	JA	NEIN	NEIN

## Anhang E (informativ)

### Bemessungsbelastungsfaktor

#### E.1 Allgemeines

Alle Stromkreise innerhalb einer Schaltgerätekombination sind einzeln in der Lage, ihren Bemessungsstrom in Übereinstimmung mit 5.3.2 dauernd zu führen; die Stromtragfähigkeit eines Stromkreises kann aber durch benachbarte Stromkreise beeinflusst werden. Durch thermische Wechselwirkung kann Wärme von oder zu benachbarten Stromkreisen transportiert werden. Die Temperatur der für einen Stromkreis verfügbaren Kühlluft kann durch den Einfluss anderer Stromkreise bereits oberhalb der Umgebungstemperatur liegen.

In der Praxis ist es üblicherweise nicht erforderlich, dass alle Stromkreise innerhalb einer Schaltgerätekombination gleichzeitig und andauernd den Bemessungsstrom führen können. In einer typischen Anwendung unterscheiden sich Typ und Art der Belastungen merklich. Einige Stromkreise werden auf der Basis von Einschaltströmen und Wechsel- oder Kurzzeitlasten bemessen. Eine Anzahl von Stromkreisen kann stark belastet sein, während andere Stromkreise gering belastet oder ausgeschaltet sind.

Es ist daher unnötig und wäre ineffizienter Einsatz von Werkstoffen und Mitteln, Schaltgerätekombinationen so auszulegen, dass alle Stromkreise dauernd den Bemessungsstrom führen können. Diese Norm berücksichtigt die praktischen Anforderungen an Schaltgerätekombinationen durch die Zuweisung eines Bemessungsbelastungsfaktors wie in 3.8.10 definiert.

Durch Angabe eines Bemessungsbelastungsfaktors gibt der Hersteller der Schaltgerätekombination die „mittleren“ Belastungsbedingungen an, für die die Schaltgerätekombination konstruiert ist. Der Bemessungsbelastungsfaktor gibt den prozentualen Wert des Bemessungsstroms an, mit dem alle Abgangsstromkreise oder eine Gruppe von Abgangsstromkreisen innerhalb der Schaltgerätekombination andauernd und gleichzeitig belastet werden können. In Schaltgerätekombinationen, bei denen die Summe der Bemessungsströme der Abgänge unter Berücksichtigung des Bemessungsbelastungsfaktors die Kapazität des Einspeisestromkreises überschreitet, gilt dieser Bemessungsbelastungsfaktor für jede Kombination von Abgangsstromkreisen, die zur Verteilung des Eingangsstroms verwendet werden.

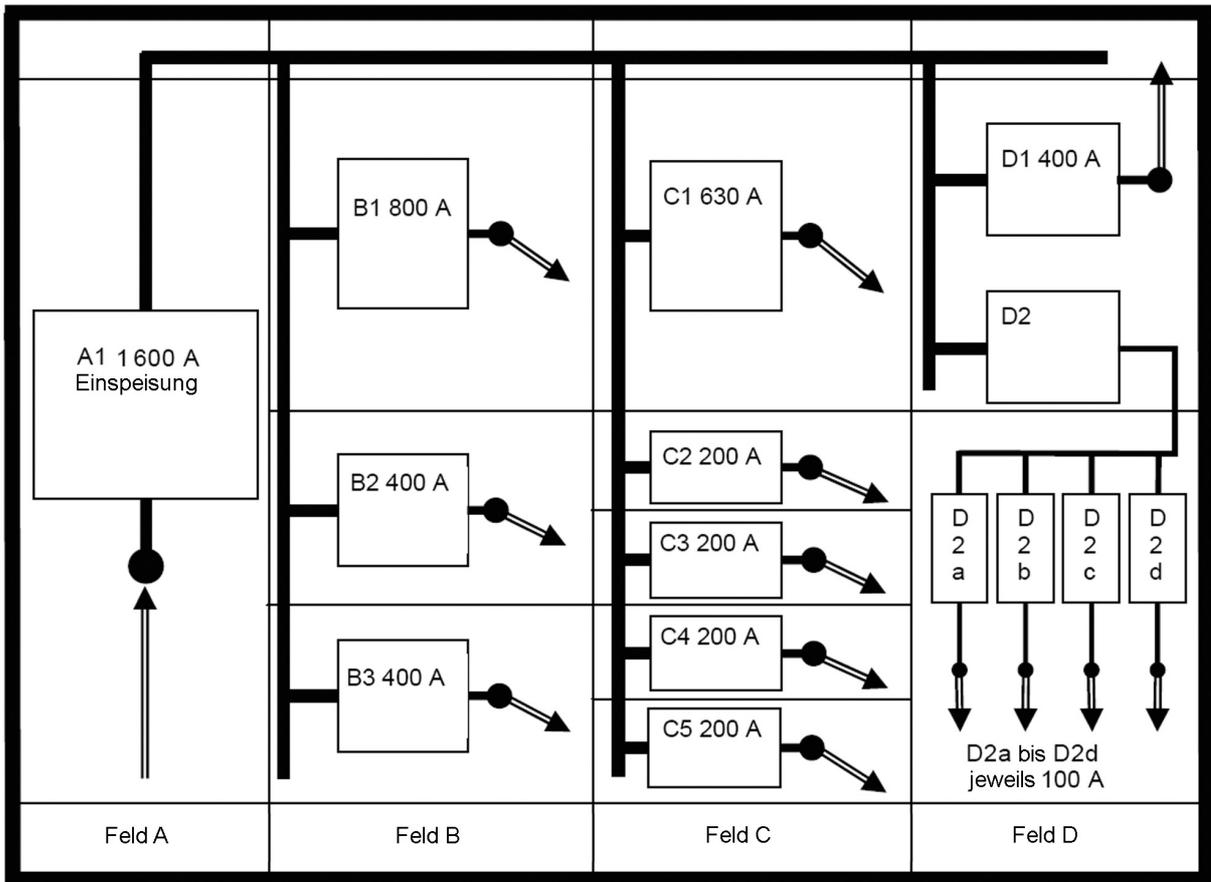
#### E.2 Bemessungsbelastungsfaktor einer Schaltgerätekombination

Der Bemessungsbelastungsfaktor einer Schaltgerätekombination wird in 5.3.3 festgelegt. Für eine typische Schaltgerätekombination wie in Bild E.1 dargestellt, werden Beispiele aus der Vielzahl von Lastverteilungen bei einem Belastungsfaktor von 0,8 in Tabelle E.1 angegeben und in den Bildern E.2 bis E.5 dargestellt.

#### E.3 Bemessungsbelastungsfaktor einer Gruppe von Abgangsstromkreisen

Zusätzlich zur Angabe des Bemessungsbelastungsfaktors für eine komplette Schaltgerätekombination darf der Hersteller einer Schaltgerätekombination einen anderen Belastungsfaktor für eine Gruppe zusammengehöriger Stromkreise innerhalb der Schaltgerätekombination angeben. In 5.3.3 wird der Bemessungsbelastungsfaktor für eine Gruppe von Abgangsstromkreisen festgelegt.

Die Tabellen E.2 und E.3 enthalten Beispiele für einen Bemessungsbelastungsfaktor von 0,9 für ein Feld und für eine Unterverteilung innerhalb einer typischen Schaltgerätekombination, dargestellt in Bild E.1.



Funktionseinheit – Darstellung der Bemessungsströme ( $I_n$ )<sup>a)</sup>

- a) Der Bemessungsstrom der Funktionseinheit (des Stromkreises) in der Schaltgerätekombination darf kleiner als der Bemessungsstrom des Geräts sein.

**Bild E.1 – Typische Schaltgerätekombination**

**Tabelle E.1 – Beispiele für die Belastung einer Schaltgerätekombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8**

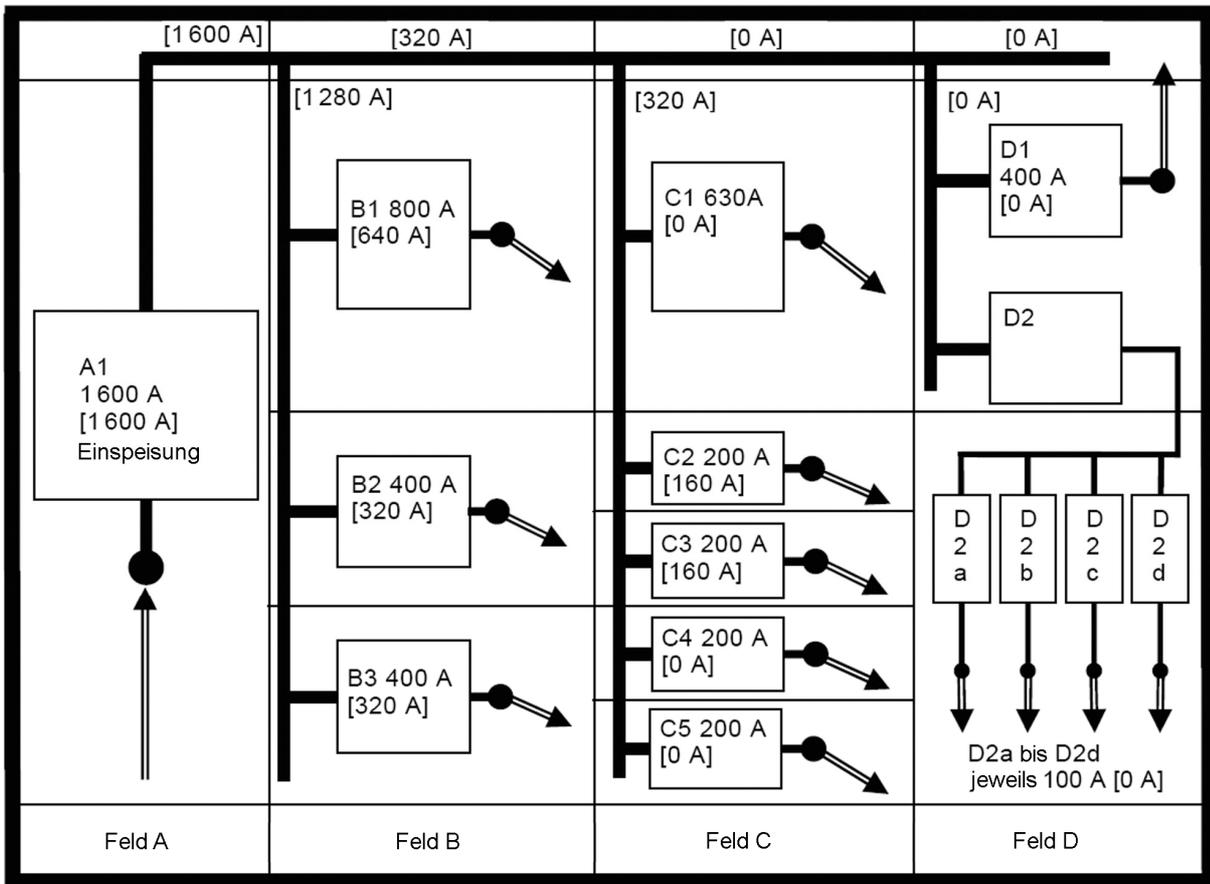
Funktionseinheit		A1	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2a	D2b	D2c	D2d
		<b>Strom (A)</b>													
Bemessungsstrom der Funktionseinheit ( $I_n$ ) <sup>b)</sup> (Siehe Bild E.1)		1 600	800	400	400	630	200	200	200	200	400	100	100	100	100
Belastung der Funktionseinheiten einer Schaltgerätekombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8	Beispiel 1 Bild E.2	1 600	640	320	320	0	160	160	0	0	0	0	0	0	0
	Beispiel 2 Bild E.3	1 600	640	0	0	504	136 <sup>a)</sup>	0	0	0	320	0	0	0	0
	Beispiel 3 Bild E.4	1 600	456 <sup>a)</sup>	0	0	504	160	160	160	160	0	0	0	0	0
	Beispiel 4 Bild E.5	1 600	0	0	0	504	160	160	136 <sup>a)</sup>	0	320	80	80	80	80

a) Restlicher Strom, der benötigt wird, um die Einspeisung mit ihrem Bemessungsstrom zu belasten.

b) Der Bemessungsstrom der Funktionseinheit (des Stromkreises) in der Schaltgerätekombination darf kleiner als der Bemessungsstrom des Geräts sein.

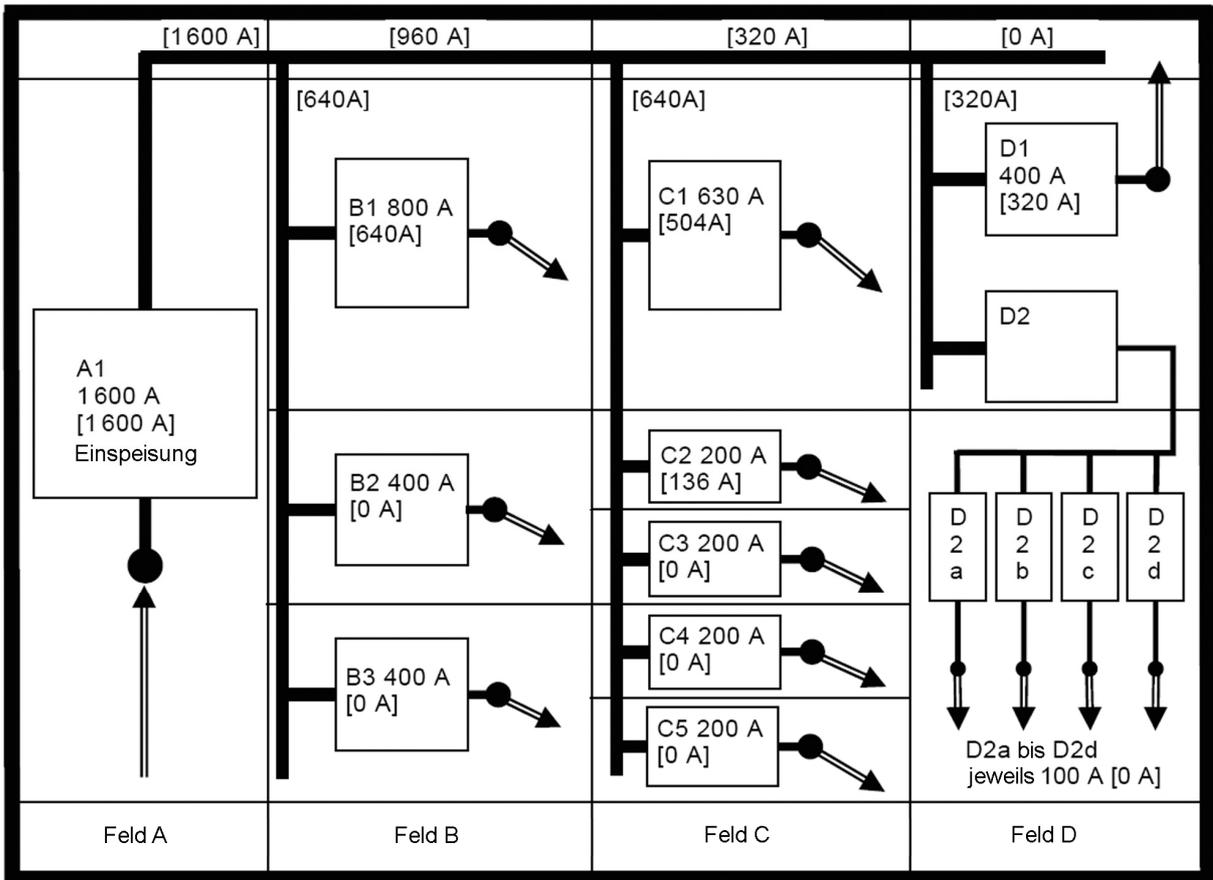
— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010



Die tatsächliche Belastung ist in Klammern angegeben, z. B. [640 A]  
Belastung des Sammelschienenabschnitts ist in Klammern angegeben, z. B. [320 A]

**Bild E.2 – Beispiel 1: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgerätekom-  
bination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8**

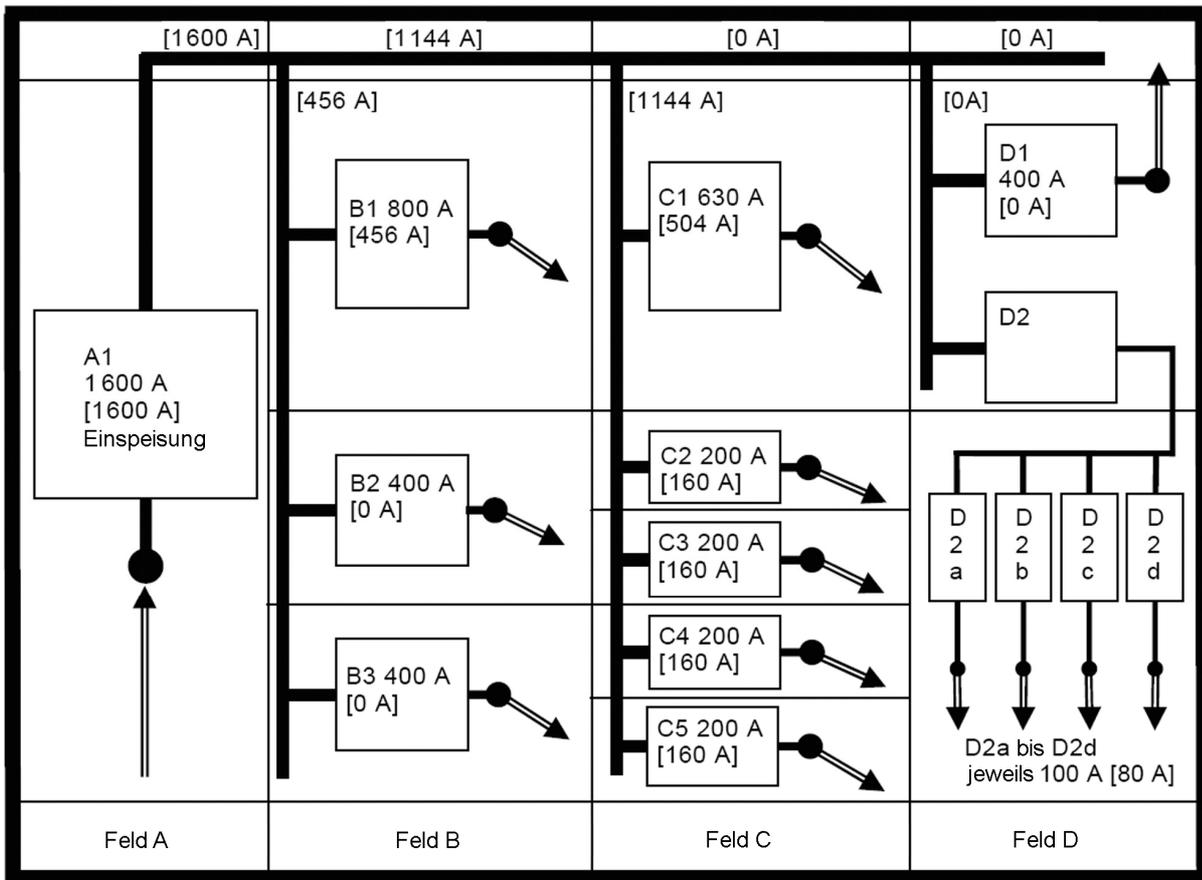


Die tatsächliche Belastung ist in Klammern angegeben, z. B. [640 A]  
Belastung des Sammelschienenabschnitts ist in Klammern angegeben, z. B. [320 A]

**Bild E.3 – Beispiel 2: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgerätekombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8**

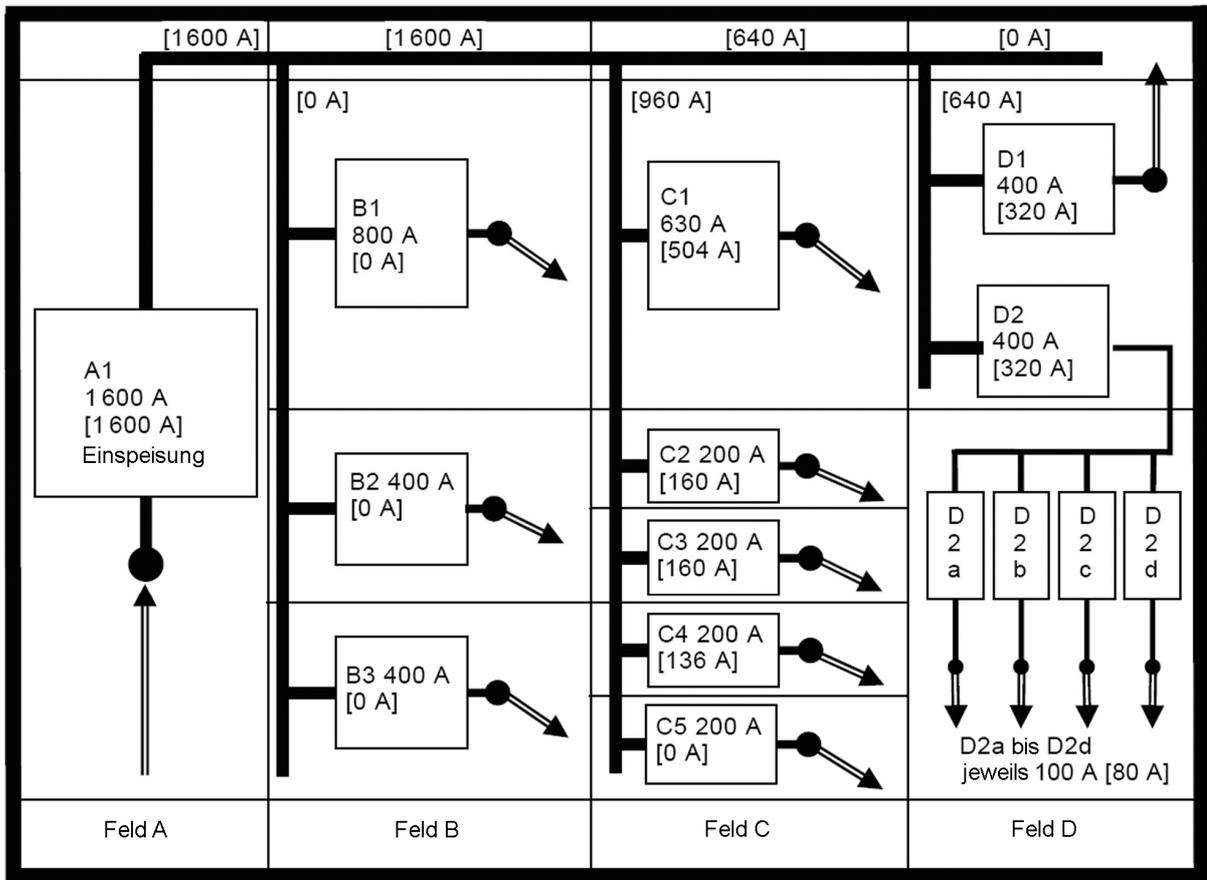
— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
 FprEN 61439-1:2010



Die tatsächliche Belastung ist in Klammern angegeben, z. B. [640 A]  
 Belastung des Sammelschienenabschnitts ist in Klammern angegeben, z. B. [320 A]

**Bild E.4 – Beispiel 3: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgerätekombination bei einem Bemessungslastfaktor von 0,8**



Die tatsächliche Belastung ist in Klammern angegeben, z. B. [640 A]  
Belastung des Sammelschienenabschnitts ist in Klammern angegeben, z. B. [320 A]

**Bild E.5 – Beispiel 4: Tabelle E.1 – Belastung der Funktionseinheiten für eine Schaltgerätekombination bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,8**

**Tabelle E.2 – Beispiele für die Belastung einer Gruppe von Stromkreisen (Feld B – Bild E.1) bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,9**

Funktionseinheit	Verteilschienen Feld B	B1	B2	B3
	<b>Strom (A)</b>			
Bemessungsstrom der Funktionseinheit ( $I_n$ )	1 440 <sup>a)</sup>	800	400	400
Belastung – Gruppe von Stromkreisen bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,9	1 440	720	360	360

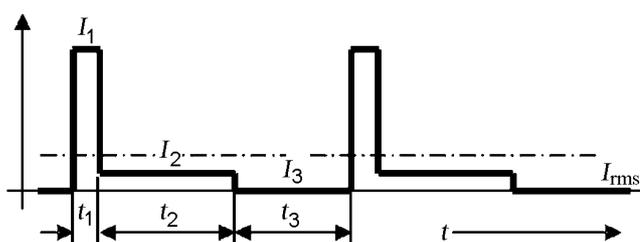
<sup>a)</sup> Mindestwert des Bemessungsstroms zur Versorgung der angeschlossenen Funktionseinheiten bei Bemessungsbelastungsfaktor (0,9).

**Tabelle E.3 – Beispiele für die Belastung einer Gruppe von Stromkreisen  
(Unterverteilung – Bild E.1) bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,9**

Funktionseinheit	D2	D2a	D2b	D2c	D2d
	<b>Strom (A)</b>				
Bemessungsstrom der Funktionseinheit ( $I_n$ )	360 <sup>a)</sup>	100	100	100	100
Belastung – Gruppe von Stromkreisen bei einem Bemessungsbelastungsfaktor von 0,9	360	90	90	90	90
a) Mindestwert des Bemessungsstroms zur Versorgung der angeschlossenen Funktionseinheiten bei Bemessungsbelastungsfaktor (0,9).					

#### E.4 Bemessungsbelastungsfaktor und Aussetzbetrieb

Die abgegebene Wärme von Stromkreisen aus verlustbehafteten Bauteilen ist proportional zu dem echten Effektivwert des Stroms. Ein äquivalenter Effektivwert des Stroms, der die Wärmewirkung des realen Stroms im Aussetzbetrieb repräsentiert, kann mit der unten angegebenen Gleichung berechnet werden. Dies ermöglicht das Bestimmen des thermisch äquivalenten Effektivwerts des Stroms ( $I_{\text{eff}}$ ) im Aussetzbetrieb und so das Bestimmen des zulässigen Lastzyklus für einen gegebenen Bemessungsbelastungsfaktor. Vorsicht ist bei Einschaltzeiten > 30 min geboten, da kleine Geräte dabei schon das thermische Gleichgewicht erreichen könnten.

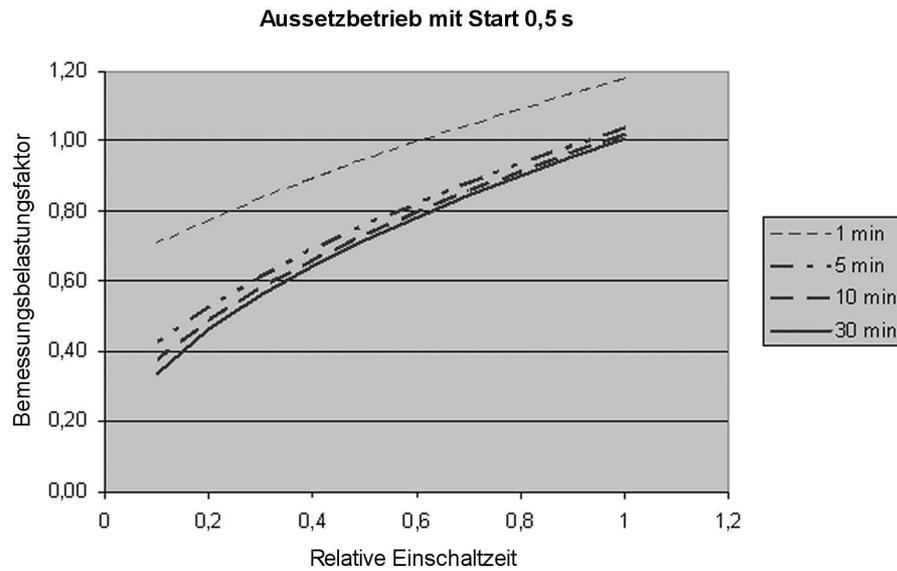


$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{I_1^2 \times t_1 + I_2^2 \times t_2 + I_3^2 \times t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}$$

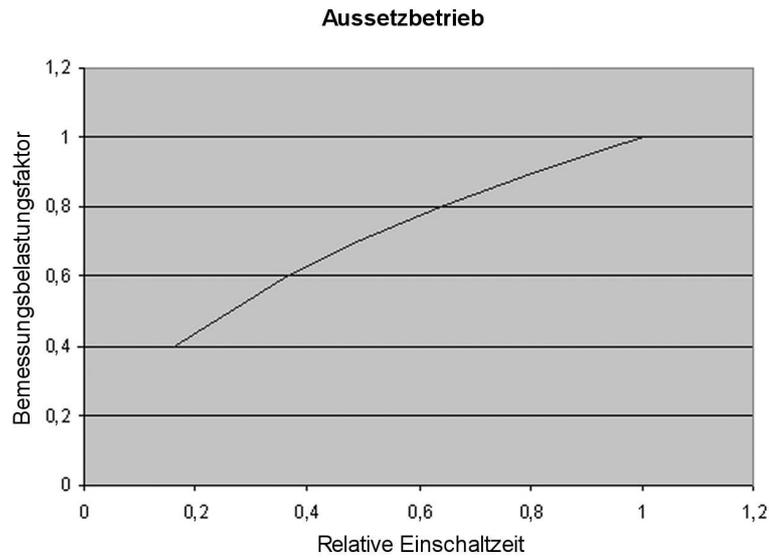
##### Legende

- $t_1$  Startzeit mit Strom  $I_1$
- $t_2$  Laufzeit mit Strom  $I_2$
- $t_3$  Pausenzeit mit  $I_3 = 0$
- $t_1 + t_2 + t_3$  Zykluszeit

**Bild E.6 – Beispiel für die Berechnung des Mittelwerts der Erwärmung**



**Bild E.7 – Beispielkurven für die Beziehung zwischen dem äquivalenten Bemessungsbelastungsfaktor und den Parametern bei Aussetzbetrieb mit  $t_1 = 0,5$  s,  $I_1 = 7 \cdot I_2$  bei unterschiedlichen Zykluszeiten**



**Bild E.8 – Beispielkurven für die Beziehung zwischen dem äquivalenten Bemessungsbelastungsfaktor und den Parametern bei Aussetzbetrieb mit  $I_1 = I_2$  (kein Überstrom beim Start)**

## Anhang F (normativ)

### Messung von Kriechstrecken und Luftstrecken <sup>1)</sup>

#### F.1 Grundregeln

Die Breite  $X$  der Nuten in den Beispielen 1 bis 11 gilt generell für alle Beispiele mit folgender Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad:

**Tabelle F.1 – Kleinste Breite von Nuten**

Verschmutzungsgrad	Kleinste Breite $X$ von Nuten mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5
4	2,5

Wenn die zugehörige Luftstrecke kleiner als 3 mm ist, darf die kleinste Breite auf ein Drittel dieser Luftstrecke reduziert werden.

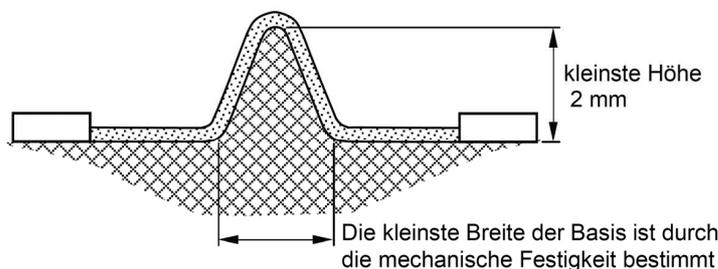
Die Regeln für die Messung der Kriech- und Luftstrecken sind in den folgenden Beispielen 1 bis 11 angegeben. Diese Beispiele unterscheiden nicht zwischen Spalten und Nuten oder zwischen Arten der Isolation.

Weiterhin gilt:

- jede Ecke wird mit einem Isolierstück von  $X$  mm Breite als überbrückt angenommen, das in der ungünstigsten Stellung angebracht ist (siehe Beispiel 3);
- ist die obere Breite der Nut  $X$  mm oder mehr, wird die Kriechstrecke entlang den Konturen der Nut gemessen (siehe Beispiel 2);
- Kriech- und Luftstrecken zwischen sich zueinander bewegendenden Teilen werden in der Lage gemessen, in der sie die ungünstigste Stellung haben.

#### F.2 Anwendung von Rippen

Wegen ihres Einflusses auf die Verschmutzung und ihres guten Einflusses auf die Trocknung vermindern Rippen das Entstehen von Ableitströmen erheblich. Kriechstrecken können deshalb auf das 0,8fache des geforderten Werts reduziert werden, sofern die kleinste Höhe der Rippen 2 mm beträgt (siehe Bild F.1).



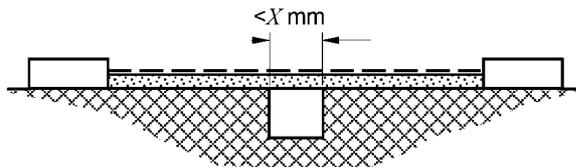
**Bild F.1 – Messung von Rippen**

<sup>1)</sup> Dieser Anhang F basiert auf IEC 60664-1.

# — Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

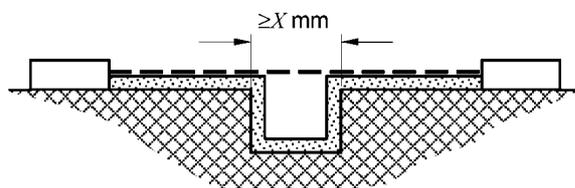
Beispiel 1



Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt die Nut mit parallelen oder schrägen Seiten beliebiger Tiefe mit einer Breite kleiner als  $X$  mm ein.

Regel: Luft- und Kriechstrecken werden direkt, wie gezeigt, über die Nut gemessen.

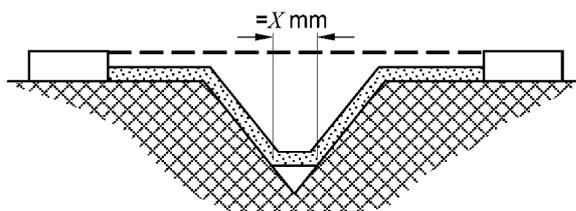
Beispiel 2



Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine Nut mit parallelen Seiten beliebiger Tiefe und einer Breite von gleich oder größer  $X$  mm ein.

Regel: Die Luftstrecke ist der kürzeste Abstand. Die Kriechstrecke folgt den Konturen der Nut.

Beispiel 3



Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine V-förmige Nut mit einer Breite größer als  $X$  mm ein.

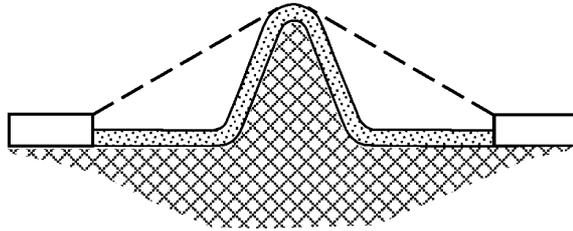
Regel: Die Luftstrecke ist der kürzeste Abstand. Die Kriechstrecke folgt der Kontur der Nut, aber der Boden der Nut wird mit  $X$  mm Länge angenommen.

----- Luftstrecke       Kriechstrecke

## — Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

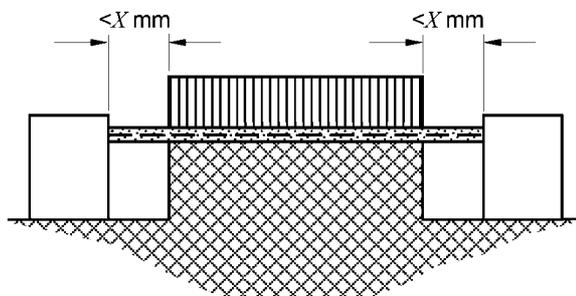
Beispiel 4



Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine Rippe ein.

Regel: Die Luftstrecke ist der kürzeste Luftweg über die Spitze der Rippe. Die Kriechstrecke folgt der Kontur der Rippe.

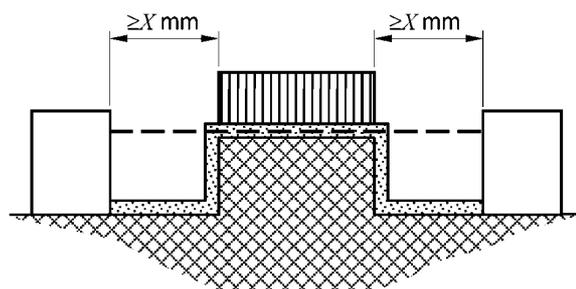
Beispiel 5



Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine unverklebte Fuge mit Nuten kleiner als  $X$  mm Breite auf jeder Seite ein.

Regel: Die Luft- und Kriechstrecken sind der kürzeste Abstand.

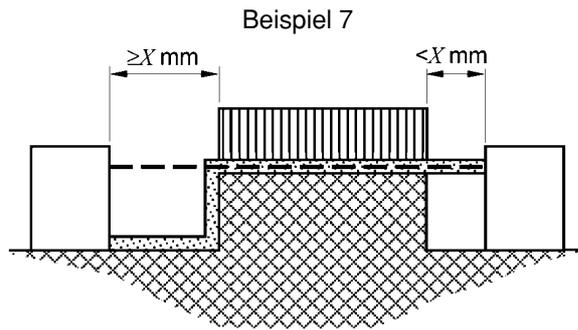
Beispiel 6



Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine unverklebte Fuge mit Nuten größer oder gleich  $X$  mm Breite auf jeder Seite ein.

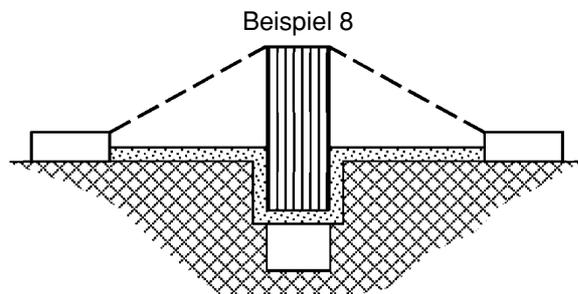
Regel: Die Luftstrecke ist der kürzeste Abstand. Die Kriechstrecke folgt der Kontur der Nut.

----- Luftstrecke       Kriechstrecke



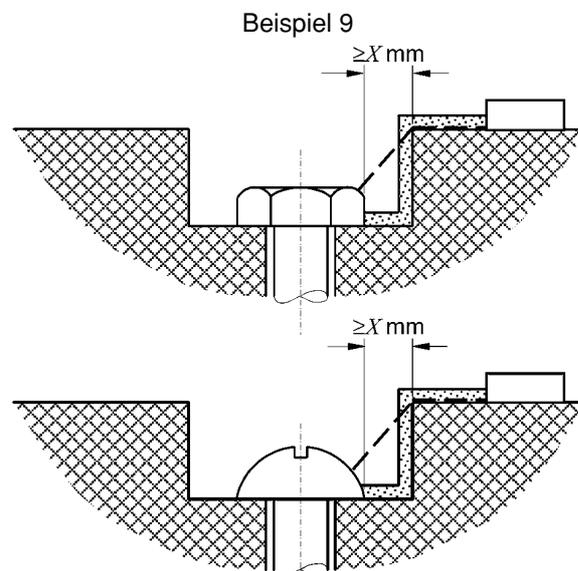
Bedingung: Diese Kriechstrecke schließt eine unverklebte Fuge mit einer Nut kleiner als  $X$  mm Breite auf der einen Seite und einer Nut größer als  $X$  mm Breite auf der anderen Seite ein.

Regel: Der Verlauf der Luft- und Kriechstrecken ist wie dargestellt.



Bedingung: Die Kriechstrecke über die unverklebte Rippe in einer Nut ist geringer als die Kriechstrecke über die Rippe.

Regel: Die Luftstrecke ist der kürzeste Luftweg über die Spitze der Rippe.



Bedingung: Der Abstand des Schraubenkopfs von den Wänden der Vertiefung ist groß genug, um berücksichtigt zu werden.

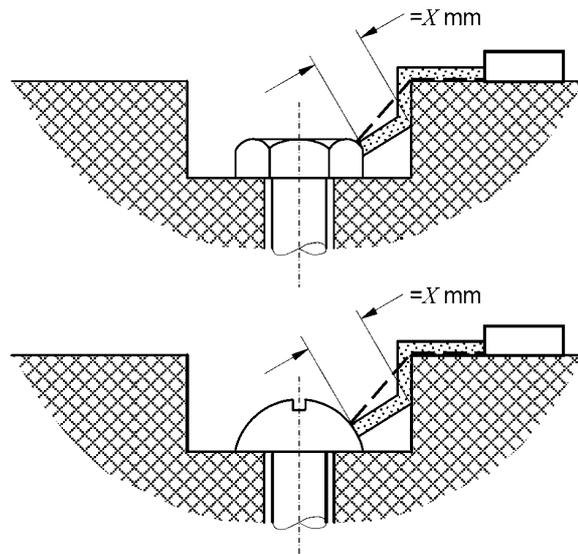
Regel: Der Verlauf der Luft- und Kriechstrecken ist wie dargestellt.

----- Luftstrecke      ▨ Kriechstrecke

— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

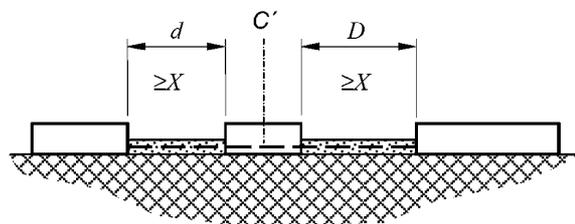
Beispiel 10



Bedingung: Der Abstand des Schraubenkopfs von den Wänden der Vertiefung ist zu klein, um berücksichtigt zu werden.

Regel: Die Messung der Kriechstrecke erfolgt, wenn der Abstand des Schraubenkopfs zur Wand  $X$  mm ist.

Beispiel 11



C' bewegliches Teil

Die Luftstrecke ist  $d + D$

Die Kriechstrecke ist ebenfalls  $d + D$

----- Luftstrecke

▒▒▒▒▒▒▒▒ Kriechstrecke

## Anhang G (normativ)

### Zusammenhang zwischen der Nennspannung des Versorgungsnetzes und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit von Betriebsmitteln<sup>2)</sup>

Dieser Anhang gibt die erforderlichen Informationen zur Auswahl von Betriebsmitteln für die Verwendung in einem elektrischen System oder einem Teil davon.

Die Tabelle G.1 bietet Beispiele für die Beziehung zwischen der Nennspannung des Versorgungsnetzes und der zugehörigen Bemessungsstoßspannungsfestigkeit des Betriebsmittels.

Die in Tabelle G.1 angegebenen Bemessungsstoßspannungsfestigkeiten basieren auf den kennzeichnenden Verhaltensmerkmalen von Überspannungsschutzgeräten. Die Werte der Tabelle G.1 basieren auf den kennzeichnenden Merkmalen nach IEC 61643-1.

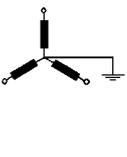
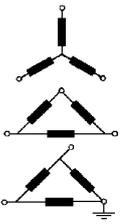
Es sollte beachtet werden, dass die Begrenzung von Überspannungen unter Bezug auf die Werte der Tabelle G.1 auch durch Bedingungen im System erreicht werden kann, wie das Vorhandensein geeigneter Impedanzen oder Kabel-/Leitungslängen.

Für die Fälle, in denen die Begrenzung der Überspannungen durch andere Mittel als Überspannungsableiter erreicht wird, wird ein Leitfadens für den Zusammenhang zwischen der Nennspannung des Versorgungsnetzes und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit der Betriebsmittel in IEC 60364-4-44 gegeben.

---

<sup>2)</sup> Dieser Anhang basiert auf IEC 60947-1, Anhang H.

**Tabelle G.1 – Zusammenhang zwischen Nennspannung  
der Stromversorgung und der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit  
des Betriebsmittels bei Schutz durch Überspannungsschutzgeräten nach IEC 61643-1**

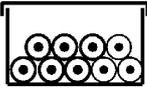
Größte Bemessungsbetriebsspannung gegen Erde; Effektivwert AC oder DC  V	Nennspannung des Stromversorgungsnetzes (≤ Bemessungsisolationsspannung des Betriebsmittels)				Vorzugswerte der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit in kV (1,2/50 μs) bei 2 000 m über N.N.			
	 Effektivwert AC	 Effektivwert AC	 Effektivwert AC oder DC	 Effektivwert AC oder DC	Überspannungskategorie			
					IV Stromver- sorgungs- ebene (Ein- speisung)	III Ver- teilungs- ebene	II Lastebene (Instal- lations- bereich)	I Besonders geschützte Bereiche
50	–	–	12,5, 24, 25, 30, 42, 48	–	1,5	0,8	0,5	0,33
100	66/115	66	60	–	2,5	1,5	0,8	0,5
150	120/208 127/220	115, 120 127	110, 120	220–110 240–120	4	2,5	1,5	0,8
300	220/380 230/400 240/415 260/440 277/480	220, 230 240, 260 277	220	440–220	6	4	2,5	1,5
600	347/600 380/660 400/690 415/720 480/830	347, 380 400, 415 440, 480 500, 577 600	480	960–480	8	6	4	2,5
1 000	–	660 690, 720 830, 1 000	1 000	–	12	8	6	4

## Anhang H (informativ)

### Betriebsstrom und Verlustleistung von Kupferleitern

Die folgenden Tabellen bieten Anhaltswerte für Betriebsströme und Verlustleistungen von Leitern innerhalb einer Schaltgerätekombination unter idealisierten Bedingungen. Die zur Erstellung der Werte verwendeten Rechenverfahren werden angegeben, um Werte für andere Bedingungen errechnen zu können.

**Tabelle H.1 – Betriebsstrom und Verlustleistung einadriger Kupferleitungen mit einer zulässigen Leitertemperatur von 70 °C (Umgebungstemperatur innerhalb der Schaltgerätekombination: 55 °C)**

Leiteranordnung:							
Leiteranordnung:		Einadrige Leitungen, in einem Kabelkanal, auf einer Wand, horizontal laufend. 6 Leitungen (2 dreiphasige Stromkreise) dauernd belastet		Einadrige Leitungen mit gegenseitiger Berührung frei in Luft oder auf einer gelochten Wanne. 6 Leitungen (2 dreiphasige Stromkreise) dauernd belastet		Einadrige Leitungen, horizontal mit Abstand frei in Luft	
Leiterquerschnitt	Widerstand des Leiters bei 20 °C, $R_{20}$ <sup>a)</sup>	max. Betriebsstrom $I_{\max}$ <sup>b)</sup>	Verlustleistung je Leiter $P_v$	max. Betriebsstrom $I_{\max}$ <sup>c)</sup>	Verlustleistung je Leiter $P_v$	max. Betriebsstrom $I_{\max}$ <sup>d)</sup>	Verlustleistung je Leiter $P_v$
mm <sup>2</sup>	mΩ/m	A	W/m	A	W/m	A	W/m
1,5	12,1	8	0,8	9	1,3	15	3,2
2,5	7,41	10	0,9	13	1,5	21	3,7
4	4,61	14	1,0	18	1,7	28	4,2
6	3,08	18	1,1	23	2,0	36	4,7
10	1,83	24	1,3	32	2,3	50	5,4
16	1,15	33	1,5	44	2,7	67	6,2
25	0,727	43	1,6	59	3,0	89	6,9
35	0,524	54	1,8	74	3,4	110	7,7
50	0,387	65	2,0	90	3,7	134	8,3
70	0,268	83	2,2	116	4,3	171	9,4
95	0,193	101	2,4	142	4,7	208	10,0
120	0,153	117	2,5	165	5,0	242	10,7
150	0,124			191	5,4	278	11,5
185	0,0991			220	5,7	318	12,0
240	0,0754			260	6,1	375	12,7

$I_{\max} = I_{30} \cdot k_1 \cdot k_2$ 
 $P_v = I_{\max}^2 \cdot R_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T_c - 20 \text{ °C})]$

$k_1$  Reduktionsfaktor für Lufttemperatur innerhalb der Umhüllung um den Leiter (IEC 60364-5-52, Tabelle A.52-14).  
 $k_1 = 0,61$  bei Leitertemperatur 70 °C, Umgebungstemperatur 55 °C),  
 $k_1$  für andere Lufttemperaturen: Siehe Tabelle H.2

$k_2$  Reduktionsfaktor für Gruppen mit mehr als einem Stromkreis (IEC 60364-5-52, Tabelle A.52-17).

$\alpha$  Temperaturkoeffizient des Widerstands,  $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$   
 $T_c$  Leitertemperatur

<sup>a)</sup> Werte aus IEC 60228, Tabelle 2 (mehrdrähtiger Leiter)  
<sup>b)</sup> Strombelastbarkeit  $I_{30}$  für einen dreiphasigen Stromkreis nach IEC 60364-5-52, Tabelle A.52-4, Spalte 4 (Verlegeart: Tabelle 52-3, Punkt 6).  $k_2 = 0,8$  (Punkt 1 in Tabelle A.52-17, zwei Stromkreise)  
<sup>c)</sup> Strombelastbarkeit  $I_{30}$  für einen dreiphasigen Stromkreis nach IEC 60364-5-52, Tabelle A.52-10, Spalte 5 (Verlegeart: Tabelle A.52-1, Punkt F). Werte berechnet für Querschnitte unter 25 mm<sup>2</sup> nach Anhang C von IEC 60364-5-52.  $k_2 = 0,88$  (Tabelle A.52-17, Punkt 4, zwei Stromkreise).  
<sup>d)</sup> Strombelastbarkeit  $I_{30}$  für einen dreiphasigen Stromkreis nach IEC 60364-5-52, Tabelle A.52-10, Spalte 7 (Verlegeart: Tabelle A.52-1, Punkt G). Werte berechnet für Querschnitte unter 25 mm<sup>2</sup> nach Anhang C von IEC 60364-5-52.  $k_2 = 1$ .

— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

Tabelle H.2 – Reduktionsfaktor  $k_1$  für Leitungen mit einer zulässigen Leitertemperatur von 70 °C  
(Auszug aus IEC 60364-5-52, Tabelle A.52-14)

Lufttemperatur in der Umhüllung in der Umgebung der Leiter °C	Reduktionsfaktor $k_1$
20	1,12
25	1,06
30	1,00
35	0,94
40	0,87
45	0,79
50	0,71
55	0,61
60	0,50

ANMERKUNG Wenn der Betriebsstrom in Tabelle H.1 unter Verwendung des Reduktionsfaktors  $k_1$  auf andere Lufttemperaturen umgerechnet wird, sind auch die entsprechenden Verlustleistungen mit der oben angegebenen Gleichung umzurechnen.

## Anhang J (normativ)

### Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

#### J.1 Allgemeines

Die Abschnittsnummerierung dieses Anhangs stimmt mit der des Hauptteils der Norm überein.

#### J.2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Anhangs gelten die folgenden Begriffe.

(siehe Bild J.1)

##### J.3.8.12.1

##### Port

(en: port)

(fr: accès)

besondere Schnittstelle zwischen dem spezifizierten Betriebsmittel und der externen elektromagnetischen Umgebung

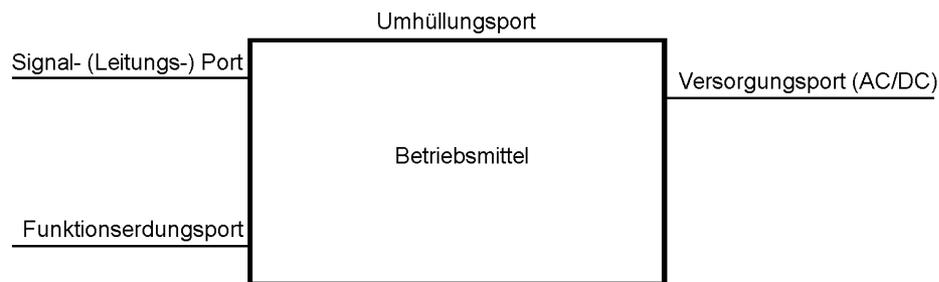


Bild J.1 – Beispiele für Ports

##### J.3.8.12.2

##### Umhüllungsport

(en: enclosure port)

(fr: accès par l'enveloppe)

physikalische Grenze des Betriebsmittels, durch die elektromagnetische Felder ausgestrahlt werden oder durch die sie einwirken

##### J.3.8.12.3

##### Funktionserdungspot

(en: functional earth port)

(fr: accès par la borne de terre fonctionnelle)

Port, der kein Signal-, Steuerungs- oder Versorgungspot ist und für eine Erdverbindung vorgesehen ist, die einen anderen Zweck hat als elektrische Sicherheit

##### J.3.8.12.4

##### Signalport

(en: signal port)

(fr: accès par les bornes de signaux)

Port, an dem ein Leiter oder eine Leitung an das Betriebsmittel angeschlossen ist, der/die dafür vorgesehen ist, Signale zu übertragen.

ANMERKUNG Beispiele sind analoge Ein- und Ausgänge und Datenbusse, Steuerleitungen, Kommunikationsnetzwerke usw.

[IEC 61000-6-1, 3.4]

### J.3.8.12.5

#### Versorgungsport

(en: power port)

(fr: accès par l'alimentation)

Port, an dem ein Leiter oder eine Leitung an das Betriebsmittel angeschlossen wird, der/die die elektrische Primärenergie zum Betrieb (zur Funktion) eines Betriebsmittels oder verbundener Betriebsmittel trägt

## J.9.4 Anforderungen an das Verhalten

### J.9.4.1 Allgemeines

Für die Mehrzahl der Anwendungen von Schaltgerätekombinationen, die unter den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, werden zwei Umgebungsbedingungen betrachtet und wie folgt bezeichnet:

- a) Umgebung A;
- b) Umgebung B.

**Umgebung A:** bezieht sich auf ein Stromversorgungsnetz, das über einen eigenen Hoch- oder Mittelspannungs-Verteiltransformator gespeist wird, der für die Stromversorgung einer Fabrik oder einer ähnlichen Anlage bestimmt ist und ferner für den Betrieb in industriellen Umgebungen oder in der Nähe zu industriellen Umgebungen, wie nachfolgend beschrieben, vorgesehen ist. Diese Norm gilt auch für batteriebetriebene Geräte (Betriebsmittel, Einrichtungen), die zur Verwendung im Industriebereich vorgesehen sind.

Die erfassten Umgebungen sind industrielle Umgebungen, sowohl innerhalb als auch außerhalb von Gebäuden.

Industrielle Umgebungen sind zusätzlich durch das Vorhandensein von einer oder mehreren der nachfolgenden Gegebenheiten gekennzeichnet:

- industrielle, wissenschaftliche und medizinische (ISM-)Geräte, wie in CISPR 11 definiert, sind vorhanden;
- große induktive oder kapazitive Lasten werden häufig geschaltet;
- Ströme und zugehörige Magnetfelder sind groß.

ANMERKUNG Umgebung A wird durch die EMV-Fachgrundnormen IEC 61000-6-2 und IEC 61000-6-4 abgedeckt.

**Umgebung B:** bezieht sich auf öffentliche Niederspannungs-Stromversorgungsnetze oder an eine besondere Gleichstromversorgung angeschlossene Betriebsmittel, die zur Verbindung des Betriebsmittels mit dem öffentlichen Niederspannungs-Stromversorgungsnetz vorgesehen ist. Diese Norm gilt auch für batteriebetriebene Geräte (Betriebsmittel, Einrichtungen) und für Geräte (Betriebsmittel, Einrichtungen), die durch ein nicht-öffentliches, aber auch nicht-industrielles Niederspannungs-Stromversorgungsnetz versorgt werden, soweit diese für eine Verwendung in den nachfolgend beschriebenen Betriebsarten vorgesehen sind.

Die erfassten Umgebungen sind der Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe, sowohl innerhalb als auch außerhalb von Gebäuden. Die folgende Liste gibt, obwohl nicht vollständig, einen Hinweis auf erfasste Betriebsorte:

- Wohnbesitz, z. B. Häuser, Wohnungen;
- Einzelhandel, z. B. Läden, Supermärkte;
- Geschäftsräume, z. B. Büros, Banken;
- öffentliche Vergnügungsstätten, z. B. Kinos, öffentliche Bars, Tanzlokale;
- Außenbereiche, z. B. Tankstellen, Parkplätze, Vergnügungs- und Sportstätten;
- Kleinbetriebe, z. B. Werkstätten, Laboratorien, Dienstleistungszentren.

Betriebsorte, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie direkt an die öffentliche Niederspannungs-Stromversorgung angeschlossen sind, werden als zum Wohnbereich bzw. zu Geschäfts- und Gewerbebereichen bzw. zu Kleinbetrieben gehörig betrachtet.

ANMERKUNG Umgebung B wird durch die EMV-Fachgrundnormen IEC 61000-6-1 und IEC 61000-6-3 abgedeckt.

#### **J.9.4.2 Prüfanforderungen**

Schaltgerätekombinationen werden in den meisten Fällen als Einzelanfertigung hergestellt oder zusammengebaut und beinhalten eine mehr oder weniger zufällige Kombination von Betriebsmitteln.

An fertigen Schaltgerätekombinationen brauchen keine Prüfungen der EMV-Störfestigkeit und -Störaussendung vorgenommen zu werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- a) Die eingebauten Betriebsmittel sind für die festgelegte Umgebung (siehe J.9.4.1) in Übereinstimmung mit den zutreffenden EMV-Produkt- oder Fachgrundnormen ausgeführt.
- b) Der interne Einbau und die Verdrahtung ist nach den Angaben der Hersteller der Betriebsmittel ausgeführt (Anordnung bezüglich gegenseitiger Beeinflussung, abgeschirmter Kabel, Erdung usw.).

In allen anderen Fällen sind die EMV-Anforderungen durch Prüfungen in Übereinstimmung mit J.10.12 nachzuweisen.

#### **J.9.4.3 Störfestigkeit**

##### **J.9.4.3.1 Schaltgerätekombinationen ohne eingebaute elektronische Betriebsmittel**

Unter üblichen Betriebsbedingungen sind Schaltgerätekombinationen, die keine elektronischen Betriebsmittel enthalten, nicht empfindlich gegen elektromagnetische Störungen, so dass keine Störfestigkeitsprüfungen erforderlich sind.

##### **J.9.4.3.2 Schaltgerätekombinationen mit eingebauten elektronischen Betriebsmitteln**

Elektronische Betriebsmittel, die in Schaltgerätekombinationen eingebaut werden, müssen die Anforderungen der zutreffenden EMV-Produkt- oder Fachgrundnorm erfüllen und für die vom Hersteller der Schaltgerätekombination festgelegte EMV-Umgebung geeignet sein.

In allen anderen Fällen sind die EMV-Anforderungen durch Prüfungen in Übereinstimmung mit J.10.12 nachzuweisen.

Geräte, die elektronische Schaltkreise verwenden, in denen alle Bauteile passiv sind (z. B: Dioden, Widerstände, Varistoren, Kondensatoren, Überspannungsbegrenzer, Induktionsspulen) brauchen nicht geprüft zu werden.

Der Hersteller der Schaltgerätekombination muss vom Hersteller der Betriebsmittel die besonderen Leistungskriterien seiner Produkte erhalten, basierend auf den Anerkennungskriterien der betreffenden Gerätenorm.

#### **J.9.4.4 Störaussendung**

##### **J.9.4.4.1 Schaltgerätekombinationen ohne eingebaute elektronische Betriebsmittel**

Schaltgerätekombinationen, die keine elektronischen Schaltkreise enthalten, können elektromagnetische Störungen nur bei gelegentlichen Schaltvorgängen erzeugen. Die Dauer dieser Störungen liegt im ms-Bereich. Die Frequenz, Höhe und Auswirkung dieser Störaussendungen sind als Teil der üblichen elektromagnetischen Umgebung von Niederspannungsanlagen anzusehen. Deshalb gelten die Anforderungen für die elektromagnetische Störaussendung als erfüllt und Nachweise sind nicht erforderlich.

## — Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

### **J.9.4.4.2 Schaltgerätekombinationen mit eingebauten elektronischen Betriebsmitteln**

Elektronische Betriebsmittel, die in Schaltgerätekombinationen enthalten sind, müssen den Anforderungen an die Störaussendung der betreffenden EMV Produkt- bzw. Fachgrundnorm entsprechen und für die vom Hersteller der Schaltgerätekombination festgelegten EMV-Umgebung geeignet sein.

Schaltgerätekombinationen, die elektronische Stromkreise enthalten (wie Schaltnetzteile und Stromkreise, die Mikroprozessoren mit Hochfrequenztakt enthalten), können ständige elektromagnetische Störungen erzeugen.

Derartige Störaussendungen dürfen die in der betreffenden Gerätenorm festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten, oder es gelten die Anforderungen der IEC 61000-6-4 für Umgebung A und/oder der IEC 61000-6-3 für Umgebung B. Prüfungen müssen so durchgeführt werden wie in der zutreffenden Produktnorm spezifiziert, falls vorhanden, anderenfalls nach J.10.12.

### **J.10.12 Prüfungen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV)**

Funktionseinheiten in der Schaltgerätekombination, die nicht die Anforderungen von J.9.4.2 a) und b) erfüllen, müssen, wenn zutreffend, folgenden Prüfungen unterworfen werden.

Störaussendungs- und Störfestigkeitsprüfungen müssen in Übereinstimmung mit den zutreffenden EMV-Normen durchgeführt werden; der Hersteller der Schaltgerätekombination muss jedoch, falls erforderlich, alle zusätzlichen Maßnahmen angeben, die zum Nachweis der Leistungskriterien der Schaltgerätekombination erforderlich sind, (z. B. die Anwendung von Verweilzeiten).

#### **J.10.12.1 Störfestigkeitsprüfungen**

##### **J.10.12.1.1 Schaltgerätekombinationen ohne eingebaute elektronische Betriebsmittel**

Es sind keine Prüfungen erforderlich. Siehe J.9.4.3.1.

##### **J.10.12.1.2 Schaltgerätekombinationen mit eingebauten elektronischen Betriebsmitteln**

Die Prüfungen müssen entsprechend den Umgebungen A oder B durchgeführt werden. Die Werte sind in den Tabellen J.1 und/oder J.2 aufgeführt außer für den Fall, dass in der zutreffenden Produktnorm ein anderer Prüfschärfegrad angegeben ist und dies vom Hersteller der elektronischen Betriebsmittel begründet wurde.

Die Leistungskriterien müssen vom Hersteller der Schaltgerätekombination basierend auf den Anerkennungskriterien in Tabelle J.3 angegeben werden.

#### **J.10.12.2 Störaussendungsprüfungen**

##### **J.10.12.2.1 Schaltgerätekombinationen ohne eingebaute elektronische Betriebsmittel**

Es sind keine Prüfungen erforderlich. Siehe J.9.4.4.1.

##### **J.10.12.2.2 Schaltgerätekombinationen mit eingebauten elektronischen Betriebsmitteln**

Der Hersteller der Schaltgerätekombination muss die angewendeten Prüfverfahren angeben, siehe J.9.4.4.2.

Die Störaussendungsgrenzen für Umgebung A sind in der IEC 61000-6-4, Tabelle 1, gegeben.

Die Störaussendungsgrenzen für Umgebung B sind in der IEC 61000-6-3, Tabelle 1, gegeben.

Wenn die Schaltgerätekombination Telekommunikationsports enthält, müssen für diesen Port und die gewählte Umgebung die entsprechenden Anforderungen von CISPR 22 gelten.

**Tabelle J.1 – Prüfungen der EMV-Störfestigkeit für Umgebung A** (siehe J.10.12.1)

Prüfgegenstand	Geforderter Prüfschärfegrad	Leistungskriterium <sup>c)</sup>
Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität IEC 61000-4-2	± 8 kV/Luftentladung oder ± 4 kV/Kontaktentladung	B
Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-3 bei 80 MHz bis 1 GHz und 1,4 GHz bis 2 GHz	10 V/m an Umhüllungsport	A
Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst IEC 61000-4-4	± 2 kV an Versorgungsports ± 1 kV an Signalports einschließlich Hilfsstromkreisen und Funktionserde	B
1,2/50 µs und 8/20 µs Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen IEC 61000-4-5 <sup>a)</sup>	± 2 kV (Leiter gegen Erde) an Versorgungsports ± 1 kV (Leiter gegen Leiter) an Versorgungsports ± 1 kV (Leiter gegen Erde) an Signalports	B
Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte hochfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-6 bei 150 kHz bis 80 MHz	10 V an Versorgungsports, Signalports und Funktionserde	A
Störfestigkeit gegen netzfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-8	30 A/m <sup>b)</sup> am Umhüllungsport	A
Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche und Kurzzeitunterbrechungen IEC 61000-4-11 <sup>d)</sup>	30 % Reduktion für 0,5 Zyklen 60 % Reduktion für 5 und 50 Zyklen >95 % Reduktion für 250 Zyklen	B C C
Störfestigkeit gegen Oberschwingungen in der Versorgung IEC 61000-4-13	Keine Anforderungen	
<sup>a)</sup> Für Betriebsmittel und/oder für Eingangs-/Ausgangsanschlüsse mit einer Bemessungsgleichspannung kleiner oder gleich 24 V sind keine Prüfungen erforderlich. <sup>b)</sup> Anwendbar nur für Betriebsmittel, die Geräte enthalten, die empfindlich gegen magnetische Felder sind. <sup>c)</sup> Die Leistungskriterien sind unabhängig von der Umgebung. Siehe Tabelle J.3. <sup>d)</sup> Anwendbar nur für Netzversorgungsports.		

— Entwurf —

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
FprEN 61439-1:2010

**Tabelle J.2 – Prüfungen auf EMV-Störfestigkeit für Umgebung B** (siehe J.10.12.1)

Prüfgegenstand	Geforderter Prüfschärfegrad	Leistungskriterium <sup>c)</sup>
Prüfung der Störfestigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität IEC 61000-4-2	± 8 kV/Luftentladung oder ± 4 kV/Kontaktentladung	B
Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-3 bei 80 MHz bis 1 GHz und 1,4 GHz bis 2 GHz	3 V/m am Umhüllungsport	A
Prüfung der Störfestigkeit gegen schnelle transiente elektrische Störgrößen/Burst IEC 61000-4-4	± 1 kV an Versorgungsports ± 0,5 kV an Signalports einschließlich Hilfsstromkreisen und Funktionserde	B
1,2/50 µs und 8/20 µs Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen IEC 61000-4-5 <sup>a)</sup>	± 0,5 kV (Leiter gegen Erde) für Signal- und Versorgungsports, ausgenommen Netzversorgungsports, für die ± 1 kV gilt (Leiter gegen Erde) ± 0,5 kV (Leiter gegen Leiter)	B
Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte hochfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-6 bei 150 kHz bis 80 MHz	3 V an Versorgungsports, Signalports und Funktionserde	A
Störfestigkeit gegen netzfrequente elektromagnetische Felder IEC 61000-4-8	3 A/m <sup>b)</sup> am Umhüllungsport	A
Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche und Kurzzeitunterbrechungen IEC 61000-4-11 <sup>d)</sup>	30 % Reduktion für 0,5 Zyklen 60 % Reduktion für 5 Zyklen > 95 % Reduktion für 250 Zyklen	B C C
Störfestigkeit gegen Oberschwingungen in der Versorgung IEC 61000-4-13	Keine Anforderungen	
<sup>a)</sup> Für Betriebsmittel und/oder für Eingangs-/Ausgangsanschlüsse mit einer Bemessungsgleichspannung kleiner oder gleich 24 V sind keine Prüfungen erforderlich. <sup>b)</sup> Anwendbar nur für Betriebsmittel, die Geräte enthalten, die empfindlich gegen magnetische Felder sind. <sup>c)</sup> Die Leistungskriterien sind unabhängig von der Umgebung. Siehe Tabelle J.3. <sup>d)</sup> Anwendbar nur für Netzversorgungsports.		

**Tabelle J.3 – Anerkennungskriterien bei Vorliegen elektromagnetischer Störungen**

Merkmal	Anerkennungskriterien (Verhaltenskriterien während der Prüfung)		
	A	B	C
Gesamtverhalten	Keine merklichen Änderungen der Betriebseigenschaften. Betrieb wie vorgesehen	Zeitweise Absenkung oder Verlust des Verhaltens, selbstheilend.	Zeitweise Absenkung oder Verlust des Verhaltens, verlangt den Eingriff des Bedieners oder das Zurücksetzen des Systems. <sup>a)</sup>
Funktion der Hauptstromkreise und Steuerstromkreise	Kein unbeabsichtigter Betrieb	Zeitweise Absenkung oder Verlust des Verhaltens, selbstheilend. <sup>a)</sup>	Zeitweise Absenkung oder Verlust des Verhaltens, verlangt den Eingriff des Bedieners oder das Zurücksetzen des Systems. <sup>a)</sup>
Funktion der Anzeigen und Steuertableaus	Keine Änderungen im sichtbaren Informationsgehalt der Anzeigen. Nur geringfügige Schwankungen in der Lichtintensität der LEDs oder geringfügige Bewegungen der Buchstaben.	Zeitweise sichtbare Änderungen oder Verlust an Informationsgehalt. Unbeabsichtigtes Aufleuchten von LED.	Abschalten oder dauernder Verlust der Anzeige, Falschinformation und /oder unzulässiger Betriebszustand, der offensichtlich oder angezeigt sein sollte. Nicht selbstheilend.
Informationsverarbeitende und messwertaufnehmende Funktionen	Ungestörte Kommunikation und ungestörter Datenaustausch zu externen Geräten.	Zeitweise gestörte Kommunikation, möglicherweise Fehlermeldungen von internen und externen Geräten.	Fehlerhafte Informationsverarbeitung. Verlust von Daten und/oder Informationsgehalt. Fehler in der Kommunikation. Nicht selbstheilend.

<sup>a)</sup> Besondere Anforderungen müssen in den Produktnormen festgelegt werden.

## Anhang K (normativ)

### Schutz durch Schutztrennung

#### K.1 Allgemeines

Schutztrennung ist eine Schutzmaßnahme, bei der:

- Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren) durch Basisisolierung zwischen gefährlichen aktiven Teilen und Körpern des getrennten Stromkreises vorliegt; und
- Fehlerschutz (Schutz gegen indirektes Berühren) vorliegt:
  - durch einfache Trennung des getrennten Stromkreises von anderen Stromkreisen und Erde; und
  - in dem Falle, dass mehr als ein Betriebsmittel an dem getrennten Stromkreis angeschlossen ist, durch einen ungeerdeten Schutzpotentialausgleich zwischen Körpern des getrennten Stromkreises.

Absichtliche Verbindung von Körpern mit einem Schutzleiter oder mit einem Erdungsleiter ist nicht zulässig.

#### K.2 Schutztrennung

Schutz durch Schutztrennung muss durch Übereinstimmung mit allen Anforderungen von K.2.1 bis K.2.4 sichergestellt werden.

##### K.2.1 Einspeisung

Der Stromkreis ist aus einer Stromquelle mit Trennfunktion zu versorgen, z. B.

- ein Trenntransformator; oder
- eine Stromquelle, die eine gleichwertige Sicherheit bietet wie der oben genannte Trenntransformator, z. B. ein Motor-Generator mit gleichwertig isolierten Wicklungen.

**ANMERKUNG** Die Fähigkeit, besonders hohen Prüfspannungen standzuhalten wird als Maßnahme angesehen, die erforderliche Trennfunktion sicherzustellen.

Bewegliche Stromquellen, die aus einem Stromversorgungsnetz gespeist werden, sind nach K.3 (Schutzklasse-II-Betriebsmittel oder gleichwertige Isolierung) auszuwählen.

Ortsfeste Stromquellen müssen entweder

- nach K.3 ausgewählt werden; oder
- so beschaffen sein, dass der Abgang von der Einspeisung und von der Umhüllung durch eine Isolierung getrennt ist, die die Bedingungen von K.3 erfüllt. Wenn eine solche Stromquelle mehrere Betriebsmittel versorgt, dürfen die Körper dieser Betriebsmittel nicht mit der metallischen Umhüllung der Stromquelle verbunden sein.

##### K.2.2 Auswahl und Installation der Einspeisung

###### K.2.2.1 Spannung

Die Spannung eines Stromkreises mit Schutztrennung darf 500 V nicht überschreiten.

### K.2.2.2 Installation

**K.2.2.2.1** Aktive Teile des Stromkreises mit Schutztrennung dürfen an keiner Stelle mit anderen Stromkreisen oder mit Erde verbunden sein.

Um das Risiko eines Erdschlusses zu vermeiden, ist der Isolierung solcher Teile gegen Erde besondere Aufmerksamkeit zu widmen, insbesondere bei flexiblen Leitungen.

Anordnungen müssen Schutztrennung sicherstellen, die nicht geringer ist als die zwischen Einspeisung und Abgang eines Trenntransformators.

**ANMERKUNG** Schutztrennung ist besonders zwischen aktiven Teilen von elektrischen Betriebsmitteln wie Relais, Schützen, Hilfsschaltern und allen beliebigen Teilen anderer Stromkreise notwendig.

**K.2.2.2.2** Flexible Leitungen müssen in jedem Abschnitt ihrer gesamten Länge sichtbar sein, in dem eine Gefahr der mechanischen Beschädigung besteht

**K.2.2.2.3** Für getrennte Stromkreise ist die Verwendung getrennter Verdrahtungssysteme erforderlich. Ist die Verwendung von Leitern desselben Verdrahtungssystems für die getrennten Stromkreise und andere Stromkreise unvermeidbar, sind mehradrige Leitungen ohne Metallmantel oder isolierte Leiter in einem isolierenden Elektroinstallationsrohr oder Installationskanal zu verwenden, vorausgesetzt, deren Bemessungsspannung ist nicht kleiner als die wahrscheinlich höchste auftretende Spannung und jeder Stromkreis ist gegen Überstrom geschützt.

### K.2.3 Versorgung eines einzelnen Betriebsmittels

Wenn ein einzelnes Betriebsmittels versorgt wird, darf der Körper des Betriebsmittels des getrennten Stromkreises weder mit dem Schutzleiter noch mit Körpern anderer Stromkreise verbunden sein.

**ANMERKUNG** Wenn eine Gefahr besteht, dass Körper des getrennten Stromkreises entweder absichtlich oder zufällig Körper anderer Stromkreise zu berühren, beruht der Schutz gegen elektrischen Schlag nicht länger nur auf der Schutztrennung, sondern auf den Schutzmaßnahmen, in die die letztgenannten Körper einbezogen sind.

### K.2.4 Versorgung von mehr als einem Betriebsmittel

Wenn Vorsichtsmaßnahmen zum Schutz des getrennten Stromkreises vor Beschädigung und Isolationsfehlern unternommen wurden, darf eine Stromquelle entsprechend K.2.1 mehr als ein Betriebsmittel versorgen, wenn alle folgenden Voraussetzungen erfüllt sind.

- a) die Körper der Betriebsmittel eines Stromkreises mit Schutztrennung müssen durch isolierte, nicht erdete Potentialausgleichsleiter miteinander verbunden sein. Solche Leiter dürfen nicht mit den Schutzleitern oder mit Körpern anderer Stromkreise oder irgendwelchen fremden leitfähigen Teilen verbunden sein;

**ANMERKUNG** Wenn eine Gefahr besteht, dass Körper des getrennten Stromkreises entweder absichtlich oder zufällig Körper anderer Stromkreise zu berühren, beruht der Schutz gegen elektrischen Schlag nicht länger nur auf der Schutztrennung, sondern auf den Schutzmaßnahmen, in die die letztgenannten Körper einbezogen sind.

- b) alle Steckdosen müssen Schutzkontakte aufweisen, die mit dem Potentialausgleichsleitersystem verbunden sein müssen, das übereinstimmend mit a) vorhanden ist;
- c) außer zur Versorgung von Schutzklasse-II-Betriebsmitteln müssen alle flexiblen Leitungen einen Schutzleiter zur Verwendung als Potentialausgleichsleiter aufweisen.

Es ist sicherzustellen, dass, falls zwei Fehler auftreten, die zwei Körper beeinträchtigen, und diese von Leitern unterschiedlicher Polarität gespeist werden, eine Schutzeinrichtung die Versorgung innerhalb einer Ausschaltzeit nach Tabelle K.1 ausschaltet.

**Tabelle K.1 – Maximale Ausschaltzeit für TN-Systeme**

$U_0$ <sup>a)</sup> V	Ausschaltzeit s
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
> 400	0,1

<sup>a)</sup> Werte basieren auf IEC 60038.

Für Spannungen innerhalb des in IEC 60038 angegebenen Toleranzbands gilt die für die Nennspannung zugehörige Ausschaltzeit.

Für Zwischenwerte der Spannungen ist der nächst höhere Wert der oben genannten Tabelle zu verwenden.

### **K.3 Schutzklasse-II-Betriebsmittel oder gleichwertige Isolierung**

Schutz muss durch folgende Arten von Betriebsmitteln geboten werden:

- Elektrische Betriebsmittel mit doppelter oder verstärkter Isolierung (Schutzklasse-II-Betriebsmittel);
- Schaltgerätekombinationen mit Schutzisolierung siehe 8.4.3.4.

Diese Betriebsmittel werden mit dem Symbol  gekennzeichnet.

**ANMERKUNG** Diese Maßnahme soll das Auftreten von gefährlichen Spannungen an berührbaren Teilen elektrischer Betriebsmittel durch einen Fehler der Basisisolierung verhindern.

## Anhang L (informativ)

### Luft- und Kriechstrecken in der Region Nordamerika

**Tabelle L.1 – Mindest-Luftstrecken**

Bemessungs- betriebsspannung  V	Mindest-Luftstrecken mm	
	Außenleiter – Außenleiter	Außenleiter – Erde
(150) <sup>a)</sup> 125 oder kleiner	12,7	12,7
(151) <sup>a)</sup> 126-250	19,1	12,7
251-600	25,4	25,4
a) Werte in Klammern gelten in Mexiko.		

**Tabelle L.2 – Mindest-Kriechstrecken**

Bemessungs- betriebsspannung  V	Mindest-Kriechstrecken mm	
	Außenleiter – Außenleiter	Außenleiter – Erde
(150) <sup>a)</sup> 125 oder kleiner	19,1	12,7
(151) <sup>a)</sup> 126-250	31,8	12,7
251-600	50,8	25,4
a) Werte in Klammern gelten in Mexiko.		

ANMERKUNG Dies ist keine komplette und umfassende Auflistung aller besonderen Regeln für den nordamerikanischen Markt.

## Anhang M (informativ)

### Erwärmungsgrenzen in Nordamerika

In Nordamerika erlaubte Erwärmungsgrenzen basieren auf der zulässigen Erwärmung für die angeschlossenen Geräte (Verbinder, Leitungen, Leistungsschalter usw.). Um die richtige und sichere Leistung des gesamten Systems zu gewährleisten, sind diese zu berücksichtigen. Diese Anforderungen wurden durch den National Electrical Code, NFPA 70, Article 110.14-C, „Temperature Limitations“ mandatiert. Dieses Dokument wurde von der National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, USA herausgegeben. In Mexiko sind die Anforderungen in der NOM-001-SEDE festgelegt.

**Tabelle M.1 – Erwärmungsgrenzen in Nordamerika**

Teile der Schaltgerätekombination	Erwärmung K
Unbeschichtete Sammelschienen	50
Galvanisch beschichtete Sammelschienen	65
Klemmstellen außer den folgenden	50
Klemmstellen für Geräte, gekennzeichnet für die Verwendung mit Leitern bis 90 °C, basierend auf 75 A Strombelastbarkeit.	60
Klemmstellen für Geräte bemessen für bis zu 110 A, wenn gekennzeichnet für die Verwendung mit Leitern bis 75 °C.	65

## Anhang N (normativ)

### Betriebsstrom und Verlustleistung von blanken Kupferschienen

Die folgenden Tabellen bieten Anhaltswerte für Betriebsströme und Verlustleistungen von Leitern innerhalb einer Schaltgerätekombination (siehe 10.10.2.2.3, 10.10.4.2.1 und 10.10.4.3.1) unter idealisierten Bedingungen. Dieser Anhang gilt nicht für geprüfte Schienenanordnungen

Die zur Erstellung der Werte verwendeten Rechenverfahren werden angegeben, um Werte für andere Bedingungen errechnen zu können.

**Tabelle N.1 – Betriebsstrom und Verlustleistung von blanken Kupferschienen mit rechteckigem Querschnitt, horizontal angeordnet, hochkant liegend, bei einer Frequenz von 50 Hz bis 60 Hz (Umgebungstemperatur innerhalb der Schaltgerätekombination: 55 °C, Leitertemperatur 70 °C)**

Höhe x Breite der Schiene	Querschnitt der Schiene	Eine Schiene je Außenleiter 			Zwei Schienen je Außenleiter (Abstand = Breite der Schienen) 		
		$k_3$	Betriebsstrom	Verlustleistung je Außenleiter $P_v$	$k_3$	Betriebsstrom	Verlustleistung je Außenleiter $P_v$
mm x mm	mm <sup>2</sup>		A	W/m		A	W/m
12 x 2	23,5	1,00	70	4,5	1,01	118	6,4
15 x 2	29,5	1,00	83	5,0	1,01	138	7,0
15 x 3	44,5	1,01	105	5,4	1,02	183	8,3
20 x 2	39,5	1,01	105	6,1	1,01	172	8,1
20 x 3	59,5	1,01	133	6,4	1,02	226	9,4
20 x 5	99,1	1,02	178	7,0	1,04	325	11,9
20 x 10	199	1,03	278	8,5	1,07	536	16,6
25 x 5	124	1,02	213	8,0	1,05	381	13,2
30 x 5	149	1,03	246	9,0	1,06	437	14,5
30 x 10	299	1,05	372	10,4	1,11	689	18,9
40 x 5	199	1,03	313	10,9	1,07	543	17,0
40 x 10	399	1,07	465	12,4	1,15	839	21,7
50 x 5	249	1,04	379	12,9	1,09	646	19,6
50 x 10	499	1,08	554	14,2	1,18	982	24,4
60 x 5	299	1,05	447	15,0	1,10	748	22,0
60 x 10	599	1,10	640	16,1	1,21	1118	27,1
80 x 5	399	1,07	575	19,0	1,13	943	27,0
80 x 10	799	1,13	806	19,7	1,27	1372	32,0
100 x 5	499	1,10	702	23,3	1,17	1125	31,8
100 x 10	999	1,17	969	23,5	1,33	1612	37,1
120 x 10	1200	1,21	1131	27,6	1,41	1859	43,5

## — Entwurf —

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

$$P_v = \frac{I^2 \cdot k_3}{\kappa \cdot A} \cdot [1 + \alpha \cdot (T_c - 20 \text{ °C})]$$

Dabei ist

$P_v$  die Verlustleistung je m;

$I$  der Betriebsstrom;

$k_3$  der Stromverdrängungsfaktor;

$\kappa$  die spezifische Leitfähigkeit von Kupfer,  $\kappa = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$ ;

$A$  der Querschnitt der Schiene;

$\alpha$  der Temperaturkoeffizient des Widerstands,  $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$ ;

$T_c$  die Leitertemperatur.

Die Betriebsströme können für andere Umgebungstemperaturen innerhalb der Schaltgerätekombination und/oder für eine Leitertemperatur von 90 °C durch Multiplizieren des Werts in Tabelle N.1 mit dem entsprechenden Faktor  $k_4$  aus Tabelle N.2 umgerechnet werden. Dann sind die Verlustleistungen mit der oben angegebenen Gleichung entsprechend zu berechnen.

**Tabelle N.2 – Faktor  $k_4$  für andere Temperaturen der Luft innerhalb der Umhüllung und/oder für die Leiter**

Lufttemperatur innerhalb der Umhüllung in der Umgebung der Leiter °C	Faktor $k_4$	
	Leitertemperatur 70 °C	Leitertemperatur 90 °C
20	2,08	2,49
25	1,94	2,37
30	1,82	2,26
35	1,69	2,14
40	1,54	2,03
45	1,35	1,91
50	1,18	1,77
55	1,00	1,62
60	0,77	1,48

Es muss berücksichtigt werden, dass, je nach Konstruktion der Schaltgerätekombination, recht unterschiedliche Umgebungs- und Sammelschientemperaturen auftreten können, besonders bei höheren Betriebsströmen.

Die Bestimmung der tatsächlichen Erwärmung unter diesen Bedingungen muss durch Prüfung erfolgen. Die Verlustleistungen lassen sich nach demselben Verfahren errechnen, das für diese Tabelle N.2 verwendet wurde.

**ANMERKUNG** Bei höheren Strömen können zusätzlich deutliche Wirbelstromverluste auftreten, die in den Werten der Tabelle N.1 nicht enthalten sind.

## Anhang O (informativ)

### Anleitung zum Nachweis der Erwärmung

#### O.1 Allgemeines

Alle Schaltgerätekombinationen erzeugen Wärme im Betrieb. Angenommen das die Wärmeableitungskapazität der Schaltgerätekombination für lokale Bereiche innerhalb der Schaltgerätekombination und für die Schaltgerätekombination als Ganzes, betrieben unter Volllast, die gesamte erzeugte Wärme überschreitet, dann wird sich ein thermisches Gleichgewicht einstellen; die Temperaturen werden sich bei einer Übertemperatur stabilisieren, die über der die Schaltgerätekombination umgebenden Umgebungstemperatur liegt.

Der Zweck des Nachweises der Erwärmung besteht darin, sicherzustellen, dass sich die Temperaturen auf Werte stabilisieren, die nicht dazu führen, das:

- i) signifikante Zerstörung oder Alterung der Schaltgerätekombination entsteht; oder
- ii) übermäßige Wärme an die externen Leiter abgegeben wird, so dass die Betriebsbereitschaft der externen Leiter und der angeschlossenen Betriebsmittel beeinträchtigt wird; oder
- iii) sich Menschen, Bedienungspersonal oder Tiere in der Nachbarschaft der Schaltgerätekombination bei normalen Betriebsbedingungen verbrennen.

#### O.2 Erwärmungsgrenzen

Es liegt in der Verantwortung des Herstellers die geeignete Methode zum Nachweis der Erwärmung auszuwählen (siehe Bild O.1).

Alle Erwärmungsgrenzen, die in dieser Norm angegeben sind, berücksichtigen, dass sich die Schaltgerätekombination in einer Umgebung befindet, in der der Tagesmittelwert und der Tagesmaximalwert der Umgebungstemperatur 35 °C bzw. 40 °C nicht überschreitet.

Die Norm berücksichtigt weiterhin, dass nicht alle Abgangsstromkreise innerhalb der Schaltgerätekombination zur gleichen Zeit mit deren Bemessungsstrom betrieben werden. Diese Berücksichtigung der praktischen Situation ist definiert durch den Bemessungsbelastungsfaktor. Unter der Voraussetzung, dass die Belastung der Einspeisung deren Bemessungsstrom nicht überschreitet, ist der Belastungsfaktor der Anteil der jeweiligen Bemessungsströme, den jede Kombination von abgehenden Stromkreisen gleichzeitig und dauerhaft führen kann, ohne die Schaltgerätekombination zu überlasten. Der Belastungsfaktor (angenommene Belastung) ist üblicherweise für die gesamte Schaltgerätekombination definiert, ein Hersteller kann diesen aber auch für Gruppen von Stromkreisen, zum Beispiel für die Stromkreise in einem Feld, wählen.

Der Nachweis der Erwärmung bestätigt zwei Kriterien:

- i) Das jeder Typ eines Stromkreises, wenn er in die Schaltgerätekombination eingebaut ist, in der Lage ist, seinen Bemessungsstrom zu führen. Das berücksichtigt die Art wie der Stromkreis angeschlossen und in der Schaltgerätekombination eingeschlossen ist, aber es schließt jeden Wärmeeffekt aus, der von benachbarten stromführenden Stromkreisen ausgehen kann.
- ii) Die Schaltgerätekombination als Ganzes wird nicht überhitzt, wenn der einspeisende Stromkreis mit seinem Bemessungsstrom belastet wird, und, unter Berücksichtigung des maximalen Stroms der Einspeisung, jede Kombination von abgehenden Stromkreisen gleichzeitig und dauerhaft mit deren Bemessungsströmen multipliziert mit dem Bemessungsbelastungsfaktor belastet ist.

Die Grenzübertemperaturen innerhalb der Schaltgerätekombination liegen in der Verantwortung des Herstellers. Sie werden im Wesentlichen bestimmt auf der Basis der Betriebstemperatur, die die Langzeitfähigkeiten der in der Schaltgerätekombination verwendeten Materialien nicht herabsetzt. An den Schnitt-

stellen zwischen der Schaltgerätekombination und der Umgebung, zum Beispiel an Kabelanschlüssen und Betätigungsgriffen, definiert die Norm die Grenzübertemperaturen (siehe Tabelle 6).

Innerhalb der in der Norm definierten Grenzen können Nachweise zur Erwärmung durch Prüfung, Berechnung oder Konstruktionsregeln erbracht werden. Es ist zulässig eine oder eine Kombination der in der Norm dargestellten Nachweismethoden zu verwenden, um die Erwärmung der Schaltgerätekombination zu verifizieren. Das gestattet dem Hersteller, die am besten geeignete Methode für die Schaltgerätekombination oder ein Teil der Schaltgerätekombination auszuwählen, unter Berücksichtigung der Volumina, der Konstruktion, der Flexibilität des Aufbaus, der Stromtragfähigkeit und Größe der Schaltgerätekombination.

In typischen Applikationen, die Anpassungen einer Standardkonstruktion beinhalten, wird höchstwahrscheinlich mehr als eine Methode verwendet werden, um die verschiedenen Elemente der Konstruktion der Schaltgerätekombination abzudecken.

### **O.3 Prüfung**

Um unnötige Prüfungen zu vermeiden, stellt die Norm Anleitungen zur Verfügung, um Gruppen vergleichbarer Funktionseinheiten auszuwählen. Danach wird spezifiziert, wie die kritische Variante aus der Gruppe für eine Prüfung auszuwählen ist. Konstruktionsregeln sind dann anzuwenden, um anderen Stromkreisen, die thermisch ähnlich sind wie die geprüfte kritische Variante, Bemessungswerte zuzuordnen.

Drei Optionen für den Nachweis durch Prüfung werden in der Norm angeboten.

#### **O.3.1 Methode a) – Nachweis der vollständigen Schaltgerätekombination (10.10.2.3.5)**

Dies ist ein schneller und konservativer Ansatz, für eine bestimmte Anordnung einer Schaltgerätekombination ein Ergebnis zu erhalten. Er weist die Bemessungswerte der abgehenden Stromkreise und der Schaltgerätekombination in einer gemeinsamen Prüfung nach. Einspeisung und die Sammelschienen sind mit ihrem Bemessungsstrom belastet, und so viele abgehende Stromkreise einer Gruppe wie nötig, um den eingespeisten Strom zu verteilen, sind mit ihren individuellen Bemessungsströmen, wenn sie in der Schaltgerätekombination eingebaut sind, belastet. Für die meisten Installationen ist dies eine unrealistische Situation da normalerweise die abgehenden Stromkreise nicht gleichzeitig gleichmäßig voll belastet sind. Wenn die Gruppe der geprüften Funktionseinheiten in der Schaltgerätekombination nicht von jeder der unterschiedlichen Typen abgehender Stromkreise ein Exemplar enthält, dann sind weitere Prüfungen mit anderen Gruppen abgehender Stromkreise, durchzuführen, solange, bis ein Exemplar von jedem Typ geprüft wurde.

Prüfen in dieser Art erfordert die minimale Anzahl an Erwärmungsprüfungen, aber die Prüfanordnung ist schwerer als notwendig und das Ergebnis ist nicht übertragbar auf andere Varianten von Schaltgerätekombinationen.

Wenn einige oder alle Stromkreise einer Schaltgerätekombination gleichzeitig belastet sind, dann kann derselbe Stromkreis infolge der thermischen Beeinflussung der anderen Stromkreise nur seinen Bemessungsstrom multipliziert mit dem Bemessungsbelastungsfaktor führen (siehe 5.3.3). Um den Bemessungsstrom für alle Stromkreise nachzuweisen, ist eine getrennte Prüfung für jeden Typ eines Stromkreises erforderlich. Um den Bemessungsbelastungsfaktor nachzuweisen ist eine zusätzliche Prüfung mit gleichzeitiger Belastung aller Stromkreise notwendig (siehe Methoden b) und c)).

Um die große Anzahl von Prüfungen zu vermeiden, die möglicherweise notwendig sind, beschreibt 10.10.2.3.5 eine Nachweismethode bei der nur eine Prüfung mit gleichzeitiger Belastung aller Stromkreise durchgeführt wird. Da mit einer Prüfung die Bemessungsströme und der Bemessungsbelastungsfaktor nicht getrennt ermittelt werden können, wird der Bemessungsbelastungsfaktor mit eins angenommen. In diesem Fall sind die Lastströme identisch mit den Bemessungsströmen.

### **O.3.2 Methode b) – Nachweis unter separater Betrachtung individueller Funktionseinheiten sowie der kompletten Schaltgerätekombination (10.10.2.3.6)**

Bei dieser Prüfanordnung wird jede kritische Variante der abgehenden Stromkreise geprüft, um den Bemessungsstrom nachzuweisen. Dann wird die gesamte Schaltgerätekombination geprüft. Der einspeisende Stromkreis wird belastet mit dem Bemessungsstrom und die Gruppen von abgehenden Stromkreisen, die erforderlich sind um den Einspeisestrom zu verteilen, werden mit deren Bemessungsstrom multipliziert mit dem Bemessungsbelastungsfaktor belastet. Die geprüften Gruppen sollten einen abgehenden Stromkreis jeder kritischen Variante enthalten, die in der Schaltgerätekombination eingebaut werden sollen. Wenn dies nicht praktikabel ist, müssen weitere Gruppen geprüft werden, bis alle kritischen Varianten der abgehenden Stromkreise berücksichtigt wurden.

Diese Prüfmethode berücksichtigt den Belastungsfaktor der abgehenden Stromkreise, der für die Mehrzahl der Applikationen zutrifft. Dennoch gilt das Ergebnis, wie für Methode a) oben, nur für die konkrete Anordnung der geprüften Schaltgerätekombination.

### **O.3.3 Methode c) – Nachweis unter separater Betrachtung der einzelnen Elemente und der kompletten Schaltgerätekombination (10.10.2.3.7)**

Diese Prüfmethode ermöglicht den Nachweis der Erwärmung von modularen Systemen, ohne die Notwendigkeit, jede denkbare Kombination von Stromkreisen zu prüfen. Gesonderte Erwärmungsprüfungen werden durchgeführt, um die Bemessungsgrößen nachzuweisen von:

- i) Funktionseinheiten;
- ii) Hauptsammelschienen;
- iii) Verteilschienen;
- iv) der gesamten Schaltgerätekombination.

Um das Verhalten einer Schaltgerätekombination als Ganzes nachzuweisen, werden diese Prüfungen ergänzt durch eine Prüfung an einer repräsentativen Schaltgerätekombination, in der der einspeisende Stromkreis mit dem Bemessungsstrom belastet ist und die abgehenden Stromkreise mit dem Bemessungsstrom multipliziert mit dem Bemessungsbelastungsfaktor belastet sind.

Während dieser Ansatz mehr Prüfungen erfordert als die Methoden a) und b), hat er den Vorteil, dass das modulare System und nicht eine spezielle Anordnung der Schaltgerätekombination nachgewiesen wird.

## **O.4 Berechnung**

In der Norm sind zwei Methoden aufgeführt, um die Erwärmung durch Berechnung nachzuweisen.

### **O.4.1 Schaltgerätekombination mit einem einzigen Abteil und einem Bemessungsstrom nicht über 630 A**

Diese sehr einfache Methode des Nachweises der Erwärmung die erfordert Bestätigung das die gesamte Verlustleistung der Komponenten und Leiter in der Schaltgerätekombination den bekannten Wert des Wärmeabgabevermögens der Umhüllung nicht überschreitet. Der Geltungsbereich dieses Ansatzes ist sehr begrenzt. Um die Probleme mit Heißpunkten zu vermeiden, sind die Bemessungsströme aller Komponenten auf 80 % der Bemessungsströme in freier Luft herabgesetzt.

### **O.4.2 Schaltgerätekombination mit mehreren Abteilen und einem Bemessungsstrom nicht über 1 600 A**

Dieser Nachweis der Erwärmung wird durch Berechnung nach IEC 60890 mit zusätzlichen Einschränkungen erbracht. Der Geltungsbereich dieses Ansatzes ist begrenzt auf 1 600 A, die Bemessungsströme der Komponenten sind auf 80 % der Bemessungsströme in freier Luft herabgesetzt und der Belüftungsquerschnitt jeder horizontalen Unterteilung muss mindestens 50 % betragen.

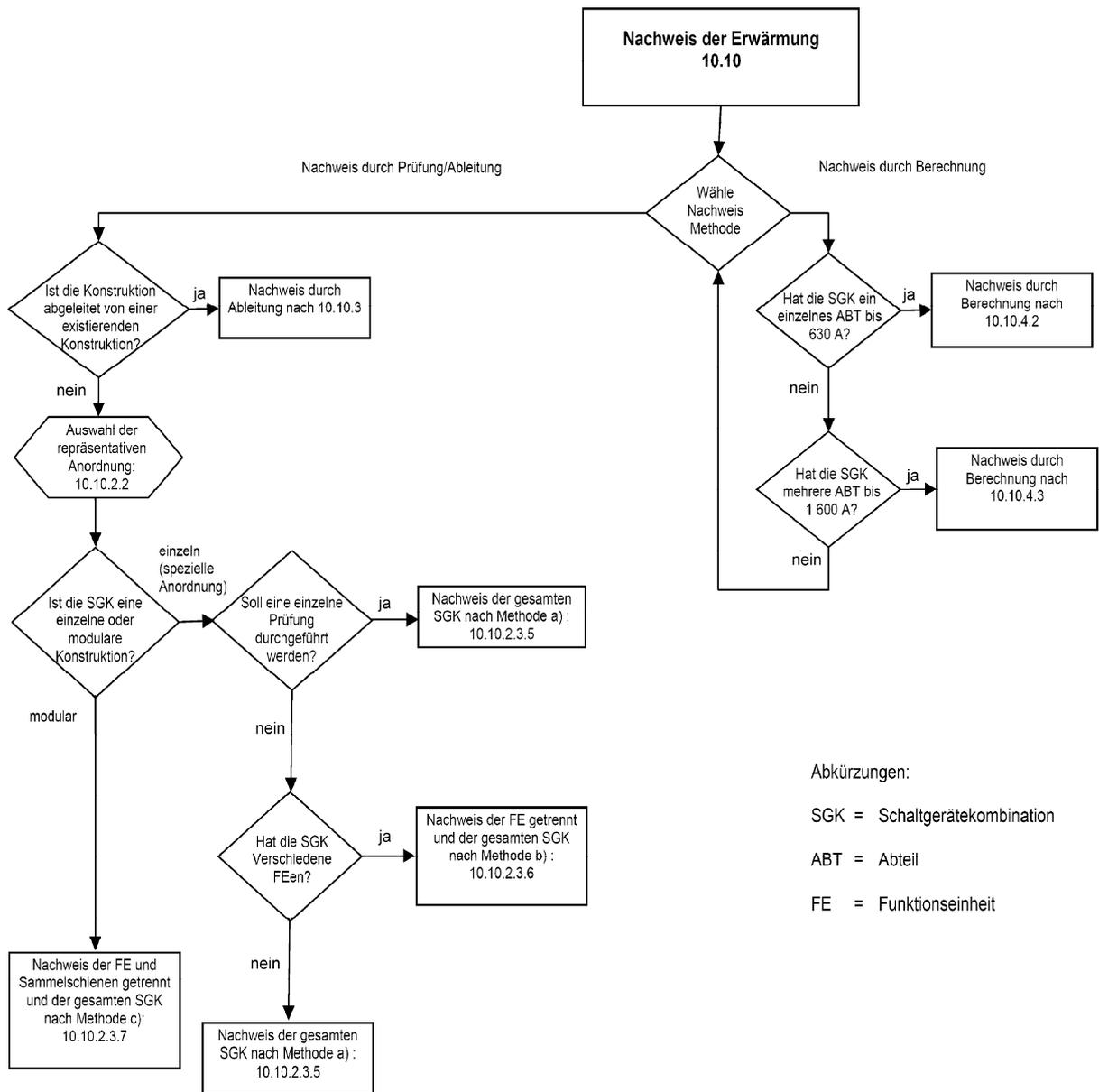
## O.5 Konstruktionsregeln

Die Norm erlaubt unter klar definierten Bedingungen die Ableitung von Bemessungsgrößen von ähnlichen geprüften Varianten. Wenn zum Beispiel der Bemessungsstrom einer Sammelschiene mit zwei Teilleitern durch Prüfung nachgewiesen wurde, dann ist es zulässig, einen Bemessungsstrom von 50 % des Bemessungsstroms der geprüften Anordnung, für eine Sammelschiene festzulegen, die aus einem Teilleiter mit selber Breite und Dicke wie die geprüfte Anordnung besteht, und alle anderen Bedingungen dieselben sind.

Zusätzlich kann die Bemessung aller Stromkreise innerhalb einer Gruppe von vergleichbaren Funktionseinheiten (alle Geräte müssen dieselbe Baugröße haben und zur selben Serie gehören) von einer einzigen Erwärmungsprüfung der kritischen Variante dieser Gruppe abgeleitet werden. Ein Beispiel hierfür ist die Prüfung eines 250-A-Abgangs-Kompaktleistungsschalters, um seinen Bemessungsstrom in der Schaltgerätekombination zu ermitteln. Dann kann der Bemessungsstrom eines 160-A-Abgangs-Kompaktleistungsschalters in der gleichen Umhüllung durch Berechnung nachgewiesen werden, unter der Voraussetzung, dass der Schalter ist von derselben Baugröße ist und die anderen vorgegebenen Bedingungen sind eingehalten.

Weiterhin gibt es im Bezug auf Erwärmung sehr genaue Konstruktionsregeln, die das Ersetzen eines Geräts durch ein ähnliches Gerät einer anderen Serie oder sogar eines anderen Herstellers ohne erneute Prüfung erlauben. In diesem Fall darf, zusätzlich zur gleichen physikalischen Anordnung, die Verlustleistung und Klemmenerwärmung des einzusetzenden Geräts nicht größer sein als die des ursprünglichen Geräts, wenn es gemäß der zutreffenden Gerätenorm geprüft wurde.

**ANMERKUNG** Wenn das Ersetzen von Geräten in Betracht gezogen wird, müssen entsprechend der Norm alle anderen Leistungskriterien, insbesondere die Bemessung für Kurzschluss, untersucht und erfüllt werden, bevor die Schaltgerätekombination als nachgewiesen erachtet wird.



Abkürzungen:

SGK = Schaltgerätekombination

ABT = Abteil

FE = Funktionseinheit

Bild O.1 – Methoden zum Nachweis der Erwärmung

## Anhang P (normativ)

### Nachweis zur Ermittlung der Kurzschlussfestigkeit von Sammelschienenanordnungen durch Vergleich mit einer geprüften Referenzkonstruktion mittels Berechnung

#### P.1 Allgemeines

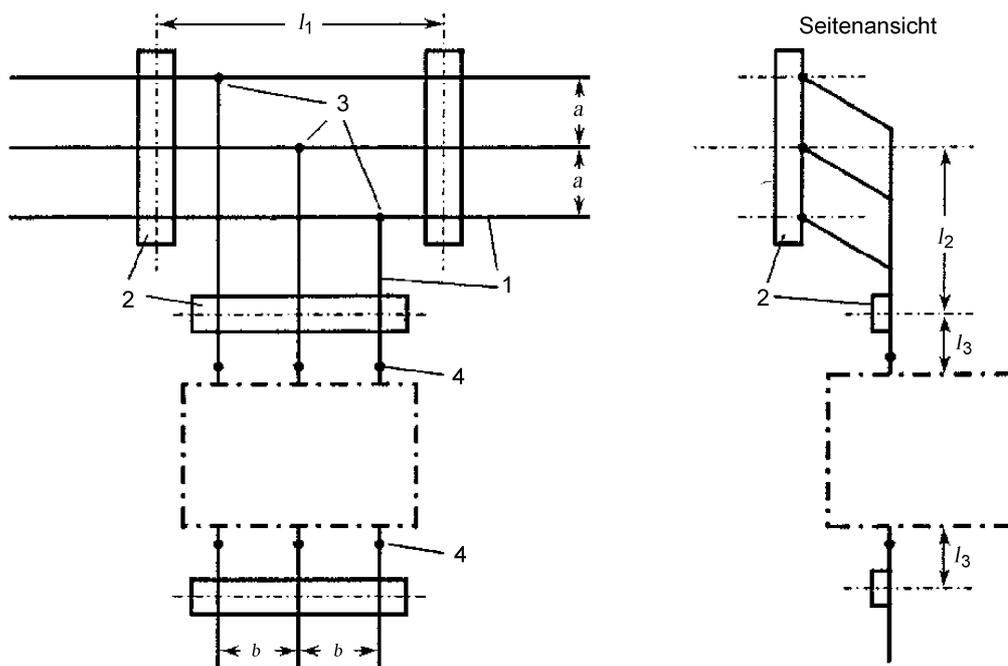
Dieser Anhang beschreibt ein Verfahren für das Ermitteln der Kurzschlussfestigkeit von Sammelschienenanordnungen einer Schaltgerätekombination durch Vergleich, der nachzuweisenden mit einer bereits geprüften Schaltgerätekombination (siehe 10.11.5).

#### P.2 Begriffe

##### P.2.1

##### geprüfte Sammelschienenanordnung (TS)

Ausführung, deren Anordnung und Betriebsmittel in einem Prüfbericht durch Zeichnungen, Stücklisten und Beschreibungen festgelegt sind (siehe Bild P.1)



#### Legende

- 1 Sammelschiene
- 2 Abstützung
- 3 Sammelschienenverbindung
- 4 Betriebsmittelanschluss

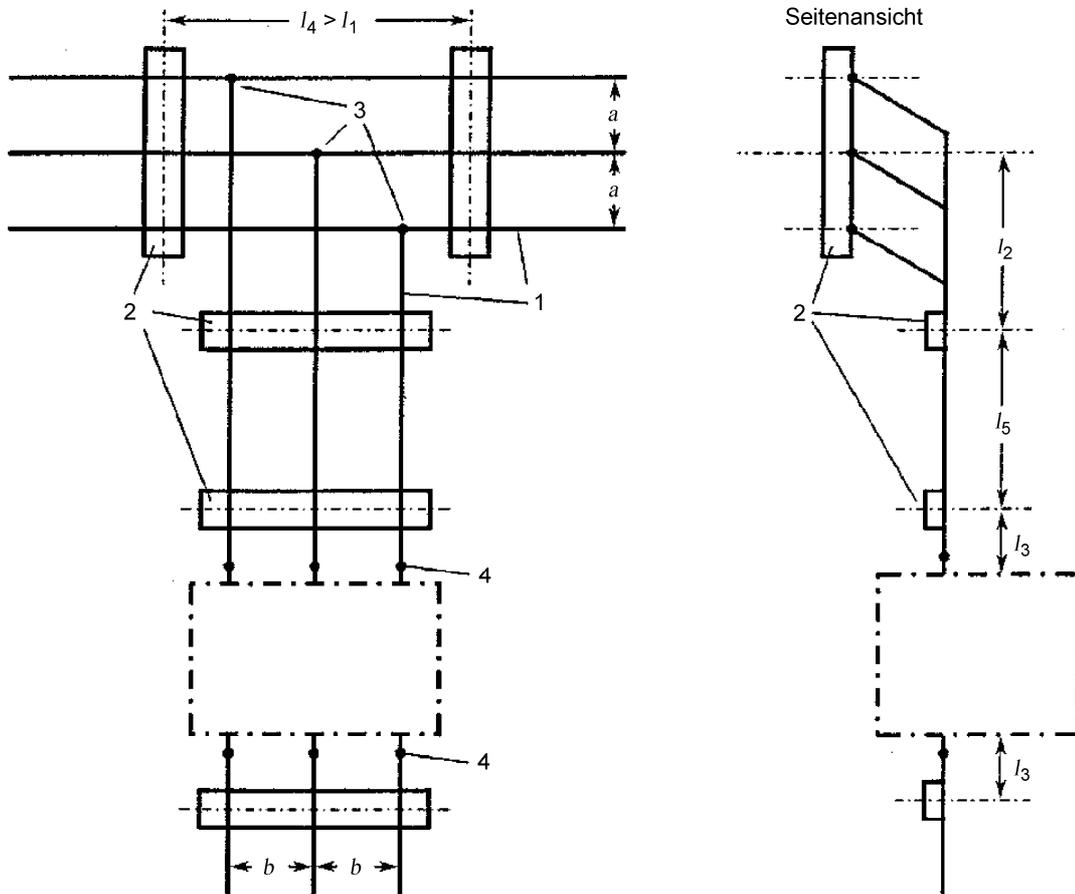
$a, b, l$  Abstände

**Bild P.1 – Geprüfte Sammelschienenanordnung**

**P.2.2**

**nicht geprüfte Sammelschiენenausführung (NTS)**

Sammelschiენenausführung, für die der Nachweis der Kurzschlussfestigkeit erforderlich ist (siehe Bild P.2)



**Legende**

- 1 Sammelschiene
- 2 Abstützung
- 3 Sammelschiენenverbindung
- 4 Betriebsmittelanschluss

$a, b, l$  Abstände

**Bild P.2 – Nicht typgeprüfte Sammelschiენenausführung (NTS)**

**P.3 Nachweisverfahren**

Die Kurzschlussfestigkeit einer abgeleiteten Ausführung, d. h. einer NTS, ist auf Basis einer getesteten Sammelschiენenausführung (TS) durch Berechnung beider Ausführungen nach IEC 60865-1 nachzuweisen. Die Kurzschlussfestigkeit der NTS gilt als nachgewiesen, wenn die Rechnung zeigt, dass die NTS keinen höheren mechanischen und thermischen Beanspruchungen standhalten muss als die geprüfte Ausführung.

## P.4 Anwendungsbedingungen

### P.4.1 Allgemeines

Änderungen der Einflussgrößen, wie Sammelschienenabstände, Werkstoff der Sammelschienen, Sammelschienenquerschnitt und Sammelschienenanordnung, sind bei der Rechnung nach IEC 60865-1 nur insoweit zulässig, wie sie die folgenden Bedingungen festlegen.

### P.4.2 Stoßkurzschlussstrom

Der Kurzschlussstrom darf sich nur auf einen niedrigeren Wert verändern.

### P.4.3 Thermische Kurzschlussfestigkeit

Die thermische Kurzschlussfestigkeit einer NTS darf durch Rechnung nach IEC 60865-1 nachgewiesen werden. Die berechnete Erwärmung der NTS darf nicht höher sein als die der TS.

### P.4.4 Sammelschienenabstützung

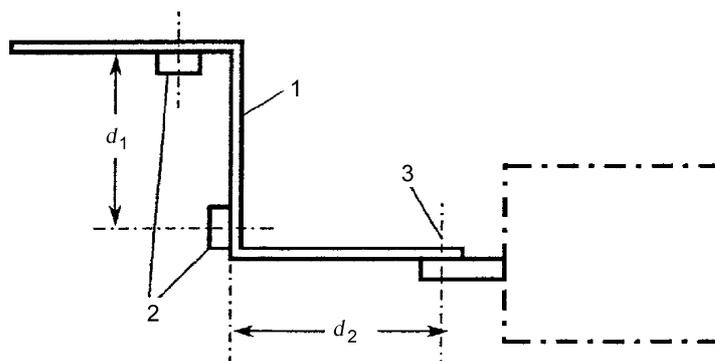
Änderungen des Werkstoffes oder der Gestaltung der Abstützungen gegenüber der geprüften Anordnung sind nicht gestattet. Andere Abstützungen dürfen jedoch verwendet werden, müssen aber vorher auf die geforderte mechanische Festigkeit geprüft werden.

### P.4.5 Sammelschienenanschlüsse, Betriebsmittelanschlüsse

Die Ausführung der Sammelschienen- und Betriebsmittelanschlüsse muss vorher geprüft worden sein.

### P.4.6 Winklige Sammelschienenanordnungen

Die IEC 60865-1 gilt nur für gerade Sammelschienenanordnungen. Winklige Sammelschienenanordnungen können als eine Aneinanderreihung von geraden Anordnungen betrachtet werden, wenn die Abstützungen an den Ecken angeordnet sind (siehe Bild 3).



#### Legende

- 1 Sammelschiene
- 2 Abstützung
- 3 Betriebsmittelanschluss
- $d$  Abstand der Abstützung

**Bild P.3 – Winklige Sammelschienenanordnung mit Abstützungen an den Ecken**

#### P.4.7 Berechnung unter besonderer Berücksichtigung der Leiterschwingungen

Für die Berechnungen nach IEC 60865-1 an der geprüften Ausführung (TS) sind folgende Werte der Faktoren  $V_{\sigma}$ ,  $V_{\sigma_s}$  und  $V_F$  zu verwenden

$$V_{\sigma} = V_{\sigma_s} = V_F = 1,0$$

Dabei ist

$V_{\sigma}$  das Verhältnis von dynamischer zu statischer Beanspruchung der Hauptleiter;

$V_{\sigma_s}$  das Verhältnis von dynamischer zu statischer Beanspruchung der Teilleiter;

$V_F$  das Verhältnis von dynamischer zu statischer Kraft an der Halterung.

Für die NTS ist

$$V_{\sigma} = V_{\sigma_s} = 1,0 \text{ und}$$

$V_F$  ist durch Rechnung nach IEC 60865-1 zu ermitteln, wobei  $V_F < 1,0$  durch  $V_F = 1,0$  zu ersetzen ist.

## Literaturhinweise

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050-441:2007, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 441: Switchgear, controlgear and fuses*

IEC 60050-471:2007, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 471: Insulators*

IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 601: Generation, transmission and distribution of electricity – General*

IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60050-826:2007, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installations*

IEC 60079 (alle Teile), *Explosive atmospheres*

IEC 60092-302:1997, *Electrical installations in ships – Part 302: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60227-3:1997, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 3: Non-sheathed cables for fixed wiring*

IEC 60227-4:1992, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 4: Sheathed cables for fixed wiring*

IEC 60245-3:1994, *Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 3: Heat resistant silicone insulated cables*

IEC 60245-4:1994, *Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V – Part 4: Cords and flexible cables*

IEC 60417-DB:2002, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60502-1:2004, *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV) – Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) and 3 kV ( $U_m = 3,6$  kV)*

IEC 61000-6-1:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-4:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

— **Entwurf** —

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

IEC 61241 (alle Teile), *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust*

IEC/TR 61912-1:2007, *Low-voltage switchgear and controlgear – Overcurrent protective devices – Part 1: Application of short-circuit ratings*

IEC/TR 61912-2:2009, *Low-voltage switchgear and controlgear – Over-current protective devices – Part 2: Selectivity under over-current conditions*

DIN 43671:1975, *Stromschienen aus Kupfer – Bemessung für Dauerstrom*

CONTENTS

1		
2	FOREWORD.....	9
3	INTRODUCTION.....	11
4	1 Scope.....	12
5	2 Normative references .....	12
6	3 Terms and definitions .....	15
7	3.1 General terms .....	15
8	3.2 Constructional units of ASSEMBLIES .....	16
9	3.3 External design of ASSEMBLIES.....	17
10	3.4 Structural parts of ASSEMBLIES .....	18
11	3.5 Conditions of installation of ASSEMBLIES.....	19
12	3.6 Insulation characteristics .....	19
13	3.7 Protection against electric shock .....	22
14	3.8 Characteristics .....	23
15	3.9 Verification .....	26
16	3.10 Manufacturer/User.....	26
17	4 Symbols and abbreviations.....	26
18	5 Interface characteristics .....	28
19	5.1 General.....	28
20	5.2 Voltage ratings .....	28
21	5.2.1 Rated voltage ( $U_n$ ) (of the ASSEMBLY) .....	28
22	5.2.2 Rated operational voltage ( $U_e$ ) (of a circuit of an ASSEMBLY).....	28
23	5.2.3 Rated insulation voltage ( $U_i$ ) (of a circuit of an ASSEMBLY) .....	28
24	5.2.4 Rated impulse withstand voltage ( $U_{imp}$ ) (of the ASSEMBLY).....	28
25	5.3 Current ratings .....	28
26	5.3.1 Rated current of the ASSEMBLY ( $I_{nA}$ ).....	28
27	5.3.2 Rated current of a circuit ( $I_{nC}$ ).....	29
28	5.3.3 Rated diversity factor (RDF) .....	29
29	5.3.4 Rated peak withstand current ( $I_{pk}$ ).....	29
30	5.3.5 Rated short-time withstand current ( $I_{cW}$ ) (of a circuit of an ASSEMBLY) .....	29
31	5.3.6 Rated conditional short-circuit current of an ASSEMBLY ( $I_{CC}$ ).....	29
32	5.4 Rated frequency ( $f_n$ ).....	29
33	5.5 Other characteristics .....	30
34	6 Information .....	30
35	6.1 ASSEMBLY designation marking .....	30
36	6.2 Documentation .....	30
37	6.2.1 Information relating to the ASSEMBLY.....	30
38	6.2.2 Instructions for handling, installation, operation and maintenance .....	31
39	6.3 Device and/or component identification .....	31
40	7 Service conditions .....	31
41	7.1 Normal service conditions .....	31
42	7.1.1 Ambient air temperature .....	32
43	7.1.2 Humidity conditions .....	32
44	7.1.3 Pollution degree .....	32
45	7.1.4 Altitude.....	33

46	7.2	Special service conditions .....	33
47	7.3	Conditions during transport, storage and installation .....	33
48	8	Constructional requirements .....	33
49	8.1	Strength of materials and parts.....	33
50	8.1.1	General .....	33
51	8.1.2	Protection against corrosion .....	33
52	8.1.3	Thermal stability .....	34
53	8.1.4	Resistance to ultra-violet radiation.....	34
54	8.1.5	Resistance of insulating materials to heat and fire .....	34
55	8.1.6	Mechanical strength .....	34
56	8.1.7	Lifting provision .....	34
57	8.2	Degree of protection provided by an ASSEMBLY enclosure .....	34
58	8.2.1	Protection against mechanical impact.....	34
59	8.2.2	Protection against contact with live parts, ingress of solid foreign bodies and water .....	35
60			
61	8.2.3	ASSEMBLY with removable parts .....	35
62	8.3	Clearances and creepage distances .....	35
63	8.3.1	General .....	35
64	8.3.2	Clearances .....	36
65	8.3.3	Creepage distances.....	36
66	8.4	Protection against electric shock .....	37
67	8.4.1	General .....	37
68	8.4.2	Basic protection.....	37
69	8.4.3	Fault protection .....	38
70	8.4.4	Protection by total insulation.....	40
71	8.4.5	Limitation of steady-state touch current and charge .....	41
72	8.4.6	Operating and servicing conditions .....	41
73	8.5	Incorporation of switching devices and components .....	42
74	8.5.1	Fixed parts .....	42
75	8.5.2	Removable parts .....	43
76	8.5.3	Selection of switching devices and components.....	43
77	8.5.4	Installation of switching devices and components .....	43
78	8.5.5	Accessibility .....	43
79	8.5.6	Barriers .....	44
80	8.5.7	Direction of operation and indication of switching positions.....	44
81	8.5.8	Indicator lights and push-buttons .....	44
82	8.6	Internal electrical circuits and connections .....	44
83	8.6.1	Main circuits .....	44
84	8.6.2	Auxiliary circuits .....	45
85	8.6.3	Bare and insulated conductors .....	45
86	8.6.4	Selection and installation of non-protected live conductors to reduce the possibility of short-circuits .....	46
87			
88	8.6.5	Identification of the conductors of main and auxiliary circuits.....	46
89	8.6.6	Identification of the protective conductor (PE, PEN) and of the neutral conductor (N) of the main circuits .....	46
90			
91	8.7	Cooling.....	46
92	8.8	Terminals for external conductors.....	46
93	9	Performance requirements .....	47
94	9.1	Dielectric properties .....	47

95	9.1.1	General .....	47
96	9.1.2	Power-frequency withstand voltage .....	48
97	9.1.3	Impulse withstand voltage .....	48
98	9.1.4	Protection of surge protective devices .....	48
99	9.2	Temperature rise limits .....	48
100	9.3	Short-circuit protection and short-circuit withstand strength .....	49
101	9.3.1	General .....	49
102	9.3.2	Information concerning short-circuit withstand strength .....	49
103	9.3.3	Relationship between peak current and short-time current.....	49
104	9.3.4	Co-ordination of protective devices.....	50
105	9.4	Electromagnetic compatibility (EMC) .....	50
106	10	Design verification.....	50
107	10.1	General.....	50
108	10.2	Strength of materials and parts.....	51
109	10.2.1	General .....	51
110	10.2.2	Resistance to corrosion .....	51
111	10.2.3	Properties of insulating materials.....	53
112	10.2.4	Resistance to ultra-violet (UV) radiation.....	53
113	10.2.5	Lifting .....	54
114	10.2.6	Mechanical impact.....	54
115	10.2.7	Marking .....	54
116	10.3	Degree of protection of ASSEMBLIES .....	55
117	10.4	Clearances and creepage distances .....	55
118	10.5	Protection against electric shock and integrity of protective circuits.....	55
119	10.5.1	Effectiveness of the protective circuit.....	55
120	10.5.2	Effective earth continuity between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY and the protective circuit.....	55
122	10.5.3	Short-circuit withstand strength of the protective circuit .....	56
123	10.6	Incorporation of switching devices and components .....	56
124	10.6.1	General .....	56
125	10.6.2	Electromagnetic compatibility .....	56
126	10.7	Internal electrical circuits and connections .....	56
127	10.8	Terminals for external conductors.....	56
128	10.9	Dielectric properties .....	57
129	10.9.1	General .....	57
130	10.9.2	Power-frequency withstand voltage .....	57
131	10.9.3	Impulse withstand voltage .....	58
132	10.9.4	Testing of enclosures made of insulating material.....	59
133	10.9.5	External operating handles of insulating material.....	59
134	10.10	Verification of temperature rise.....	59
135	10.10.1	General .....	59
136	10.10.2	Verification by testing with current .....	60
137	10.10.3	Derivation of ratings for similar variants.....	65
138	10.10.4	Verification assessment.....	66
139	10.11	Short-circuit withstand strength .....	68
140	10.11.1	General .....	68
141	10.11.2	Circuits of ASSEMBLIES which are exempted from the verification of the short-circuit withstand strength .....	69
142			

143	10.11.3 Verification by comparison with a reference design - utilising a check	
144	list .....	69
145	10.11.4 Verification by comparison with a reference design - utilising	
146	calculation .....	69
147	10.11.5 Verification by test .....	69
148	10.12 Electromagnetic compatibility (EMC) .....	74
149	10.13 Mechanical operation .....	74
150	11 Routine verification .....	74
151	11.1 General .....	74
152	11.2 Degree of protection of enclosures .....	75
153	11.3 Clearances and creepage distances .....	75
154	11.4 Protection against electric shock and integrity of protective circuits .....	75
155	11.5 Incorporation of built-in components .....	75
156	11.6 Internal electrical circuits and connections .....	75
157	11.7 Terminals for external conductors .....	75
158	11.8 Mechanical operation .....	75
159	11.9 Dielectric properties .....	75
160	11.10 Wiring, operational performance and function .....	76
161	Annex A (normative) Minimum and maximum cross-section of copper conductors	
162	suitable for connection to terminals for external conductors (see 8.8) .....	83
163	Annex B (normative) Method of calculating the cross-sectional area of protective	
164	conductors with regard to thermal stresses due to currents of short duration .....	84
165	Annex C (informative) User information template .....	85
166	Annex D (informative) Design verification .....	90
167	Annex E (informative) Rated diversity factor .....	91
168	E.1 General .....	91
169	E.2 Rated diversity factor of an ASSEMBLY .....	91
170	E.3 Rated diversity factor of a group of outgoing circuits .....	91
171	E.4 Rated diversity factor and intermittent duty .....	98
172	Annex F (normative) Measurement of clearances and creepage distances .....	100
173	F.1 Basic principles .....	100
174	F.2 Use of ribs .....	100
175	Annex G (normative) Correlation between the nominal voltage of the supply system	
176	and the rated impulse withstand voltage of the equipment .....	105
177	Annex H (informative) Operating current and power loss of copper conductors .....	107
178	Annex J (normative) Electromagnetic compatibility (EMC) .....	110
179	J.1 General .....	110
180	J.2 Terms and definitions .....	110
181	Annex K (normative) Protection by electrical separation .....	117
182	K.1 General .....	117
183	K.2 Electrical separation .....	117
184	K.2.1 Supply source .....	117
185	K.2.2 Selection and installation of supply source .....	117
186	K.2.3 Supply of a single item of apparatus .....	118
187	K.2.4 Supply of more than one item of apparatus .....	118
188	K.3 Class II equipment or equivalent insulation .....	119
189	Annex L (informative) Clearances and creepage distances for North American region .....	120

190	Annex M (informative) North American temperature rise limits .....	121
191	Annex N (normative) Operating current and power loss of bare copper bars .....	122
192	Annex O (informative) Guidance on temperature rise verification .....	124
193	O.1 General .....	124
194	O.2 Temperature-rise limits .....	124
195	O.3 Test .....	125
196	O.3.1 Method a) - Verification of the complete ASSEMBLY (10.10.2.3.5) .....	125
197	O.3.2 Method b) - Verification considering individual functional units separately and	
198	the complete ASSEMBLY (10.10.2.3.6) .....	125
199	O.3.3 Method c) - Verification considering separate elements and the complete	
200	ASSEMBLY (10.10.2.3.7) .....	126
201	O.4 Calculation .....	126
202	O.4.1 Single compartment ASSEMBLY with a rated current not exceeding 630 A .....	126
203	O.4.2 Multiple compartment ASSEMBLY with rated currents not exceeding 1600 A .....	126
204	O.5 Design Rules .....	126
205	Annex P (normative) Verification of the short-circuit withstand strength of busbar	
206	structures by comparison with a tested reference design by calculation .....	128
207	P.1 General .....	128
208	P.2 Definitions .....	128
209	P.3 Method of verification .....	130
210	P.4 Conditions for application .....	130
211	P.4.1 General .....	130
212	P.4.2 Peak short-circuit current .....	130
213	P.4.3 Thermal short-circuit strength .....	130
214	P.4.4 Busbar supports .....	130
215	P.4.5 Busbar connections, equipment connections .....	130
216	P.4.6 Angular busbar configurations .....	130
217	P.4.7 Calculations with special regard to conductor oscillation .....	131
218	Bibliography .....	132
219		
220	Figure E.1 – Typical ASSEMBLY .....	92
221	Figure E.2 – Example 1: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a	
222	rated diversity factor of 0,8 .....	94
223	Figure E.3 – Example 2: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a	
224	rated diversity factor of 0,8 .....	95
225	Figure E.4 – Example 3: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a	
226	rated diversity factor of 0,8 .....	96
227	Figure E.5 – Example 4: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a	
228	rated diversity factor of 0,8 .....	97
229	Figure E.6 – Example of average heating effect calculation .....	98
230	Figure E.7 – Example graph for the relation between the equivalent RDF and the	
231	parameters at intermittent duty at $t_1 = 0,5$ s, $I_1 = 7 \cdot I_2$ at different cycle times .....	99
232	Figure E.8 – Example graph for the relation between the equivalent RDF and the	
233	parameters at intermittent duty at $I_1 = I_2$ (no starting overcurrent) .....	99
234	Figure F.1 – Measurement of ribs .....	100
235	Figure J.1 – Examples of ports .....	110
236	Figure O.1 - Temperature rise verification methods .....	127

237	Figure P.1 – Tested busbar structure (TS) .....	128
238	Figure P.2 - Non tested busbar structure (NTS) .....	129
239	Figure P.3 - Angular busbar configuration with supports at the corners .....	131
240		
241	Table 1 – Minimum clearances in air <sup>a)</sup> (8.3.2).....	77
242	Table 2 – Minimum creepage distances (8.3.3) .....	77
243	Table 3 – Cross-sectional area of a copper protective conductor (8.4.3.2.2) .....	78
244	Table 4 – Conductor selection and installation requirements (8.6.4).....	78
245	Table 5 – Minimum terminal capacity for copper protective conductors (PE, PEN) (8.8).....	78
246	Table 6 – Temperature-rise limits (9.2) .....	79
247	Table 7 – Values for the factor $n$ <sup>a)</sup> (9.3.3).....	80
248	Table 8 – Power-frequency withstand voltage for main circuits (10.9.2) .....	80
249	Table 9 – Power-frequency withstand voltage for auxiliary and control circuits (10.9.2).....	80
250	Table 10 – Impulse withstand test voltages (10.9.3).....	80
251	Table 11 – Copper test conductors for rated currents up to 400 A inclusive	
252	(10.10.2.3.2) .....	81
253	Table 12 – Copper test conductors for rated currents from 400 A to 4 000 A	
254	(10.10.2.3.2) .....	81
255	Table 13 – Short-circuit verification by comparison with a reference design: check list	
256	(10.11.3 and 10.11.4) .....	82
257	Table 14 – Relationship between prospective fault current and diameter of copper wire .....	82
258	Table A.1 – Cross-section of copper conductors suitable for connection to terminals	
259	for external conductors .....	83
260	Table B.1 – Values of $k$ for insulated protective conductors not incorporated in cables,	
261	or bare protective conductors in contact with cable covering.....	84
262	Table C.1 – Template .....	85
263	Table D.1 – List of design verifications to be performed.....	90
264	Table E.1 – Examples of loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8 .....	93
265	Table E.2 – Example of loading of a group of circuits (Section B – Figure E.1) with a	
266	rated diversity factor of 0,9 .....	98
267	Table E.3 – Example of loading of a group of circuits (Sub-distribution board – Figure	
268	E.1) with a rated diversity factor of 0,9.....	98
269	Table F.1 – Minimum width of grooves.....	100
270	Table G.1 – Correspondence between the nominal voltage of the supply system and	
271	the equipment rated impulse withstand voltage, in the case of overvoltage protection	
272	by surge-protective devices according to IEC 61643-1 .....	106
273	Table H.1 – Operating current and power loss of single-core copper cables with a	
274	permissible conductor temperature of 70 °C (ambient temperature inside the	
275	ASSEMBLY: 55 °C).....	107
276	Table H.2 – Reduction factor $k_1$ for cables with a permissible conductor temperature	
277	of 70 °C (extract from IEC 60364-5-52, Table A.52-14).....	108
278	Table J.1 – Tests for EMC immunity for environment A (see J.10.12.1).....	114
279	Table J.2 – Tests for EMC immunity for environment B (see J.10.12.1).....	114
280	Table J.3 – Acceptance criteria when electromagnetic disturbances are present.....	116
281	Table K.1 – Maximum disconnecting times for TN systems .....	118
282	Table L.1 – Minimum clearances in air.....	120

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

283	Table L.2 – Minimum creepage distances .....	120
284	Table M.1 – North American temperature rise limits .....	121
285	Table N.1 – Operating current and power loss of bare copper bars with rectangular	
286	cross-section, run horizontally and arranged with their largest face vertical, frequency	
287	50 Hz to 60 Hz (ambient temperature inside the ASSEMBLY: 55 °C, temperature of the	
288	conductor 70 °C).....	122
289	Table N.2 – Factor $k_4$ for different temperatures of the air inside the ASSEMBLY and / or	
290	for the conductors.....	123
291		

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR ASSEMBLIES –**

**Part 1: General rules**

**FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end User.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All Users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61439-1 has been prepared by subcommittee 17D: Low-voltage switchgear and controlgear assemblies, of IEC technical committee 17: Switchgear and controlgear.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2009. It constitutes a technical revision.

This second edition includes the following significant technical changes with respect to the last edition of IEC 61439-1:

[To be added.]

It must be noted that when a dated reference to IEC 60439-1 is made in another Part of the IEC 60439 series of assembly standards not yet transferred into the new IEC 61439 series, the superseded IEC 60439-1 still applies (see also the Introduction below).

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
17D/XXX/FDIS	17D/XXX/RVC

346

347 Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on  
348 voting indicated in the above table.

349 The “in some countries” notes regarding differing national practices are contained in the  
350 following subclauses:

351 8.2.2

352 8.3.2

353 8.3.3

354 8.8

355 9.2

356 10.11.5.4

357 10.11.5.6.1

358 Annex L

359 Annex M

360 This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

361 A list of all parts of the IEC 61439 series, under the general title *Low-voltage switchgear and*  
362 *controlgear assemblies*, can be found on the IEC website.

363 The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until  
364 the stability date<sup>1</sup> indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data  
365 related to the specific publication. At this date, the publication will be

- 366 • reconfirmed;  
367 • withdrawn;  
368 • replaced by a revised edition, or  
369 • amended.

---

<sup>1</sup> The National Committees are requested to note that for this publication the stability date is 2014.

370

## INTRODUCTION

371 The purpose of this standard is to harmonize as far as practicable all rules and requirements  
372 of a general nature applicable to low-voltage switchgear and controlgear assemblies  
373 (ASSEMBLIES) in order to obtain uniformity of requirements and verification for ASSEMBLIES and  
374 to avoid the need for verification to other standards. All those requirements for the various  
375 ASSEMBLIES standards which can be considered as general have therefore been gathered in  
376 this basic standard together with specific subjects of wide interest and application, e.g.  
377 temperature rise, dielectric properties, etc.

378 For each type of low-voltage switchgear and controlgear assembly only two main standards  
379 are necessary to determine all requirements and the corresponding methods of verification:

- 380 – this basic standard referred to as “Part 1” in the specific standards covering the various  
381 types of low-voltage switchgear and controlgear assemblies;
- 382 – the specific ASSEMBLY standard hereinafter also referred to as the relevant ASSEMBLY  
383 standard.

384 For a general rule to apply to a specific ASSEMBLY standard, it should be explicitly referred to  
385 by quoting the relevant clause or sub-clause number of this standard followed by “Part 1” e.g.  
386 “9.1.3 of Part 1”.

387 A specific ASSEMBLY standard may not require and hence need not call up a general rule  
388 where it is not applicable, or it may add requirements if the general rule is deemed inadequate  
389 in the particular case but it may not deviate from it unless there is substantial technical  
390 justification detailed in the specific ASSEMBLY standard.

391 Requirements in this standard that are subject to agreement between the ASSEMBLY  
392 manufacturer and the user are summarised in Annex C (informative). This schedule also  
393 facilitates the supply of information on basic conditions and additional user specifications to  
394 enable proper design, application and utilization of the ASSEMBLY.

395 For the new re-structured IEC 61439 series, the following parts are envisaged:

- 396 a) IEC 61439-1: General rules
- 397 b) IEC 61439-2: Power switchgear and controlgear ASSEMBLIES (PSC-ASSEMBLIES)
- 398 c) IEC 61439-3: Distribution boards (to supersede IEC 60439-3)
- 399 d) IEC 61439-4: ASSEMBLIES for construction sites (to supersede IEC 60439-4)
- 400 e) IEC 61439-5: ASSEMBLIES for power distribution (to supersede IEC 60439-5)
- 401 f) IEC 61439-6: Busbar trunking systems (to supersede IEC 60439-2).

402 This list is not exhaustive; additional Parts may be developed as the need arises.

403 **LOW-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR ASSEMBLIES –**

404

405

**Part 1: General rules**

406

407

408

409 **1 Scope**

410 NOTE 1 Throughout this standard, the term ASSEMBLY (see 3.1.1) is used for a low-voltage switchgear and  
411 controlgear assembly.

412 This part of the IEC 61439 series lays down the definitions and states the service conditions,  
413 construction requirements, technical characteristics and verification requirements for low-  
414 voltage switchgear and controlgear assemblies.

415 This standard cannot be used alone to specify an ASSEMBLY or used for a purpose of  
416 determining conformity. ASSEMBLIES shall comply with the relevant part of the IEC 61439  
417 series; Parts 2 onwards.

418 This standard applies to low-voltage switchgear and controlgear assemblies (ASSEMBLIES) only  
419 when required by the relevant ASSEMBLY standard as follows:

420 – ASSEMBLIES for which the rated voltage does not exceed 1 000 V in case of a.c. or  
421 1 500 V in case of d.c.;

422 – stationary or movable ASSEMBLIES with or without enclosure;

423 – ASSEMBLIES intended for use in connection with the generation, transmission,  
424 distribution and conversion of electric energy, and for the control of electric energy  
425 consuming equipment;

426 – ASSEMBLIES designed for use under special service conditions, for example in ships  
427 and in rail vehicles provided that the other relevant specific requirements are complied  
428 with;

429 NOTE 2 Supplementary requirements for ASSEMBLIES in ships are covered by IEC 60092-302.

430 – ASSEMBLIES designed for electrical equipment of machines. Supplementary  
431 requirements for ASSEMBLIES forming part of a machine are covered by the IEC 60204  
432 series.

433 This standard applies to all ASSEMBLIES whether they are designed, manufactured and verified  
434 on a one-off basis or fully standardised and manufactured in quantity.

435 The manufacture and/or assembly may be carried out other than by the original manufacturer  
436 (see 3.10.1).

437 This standard does not apply to individual devices and self-contained components, such as  
438 motor starters, fuse switches, electronic equipment, etc. which will comply with the relevant  
439 product standards.

440 **2 Normative references**

441 The following referenced documents are indispensable for the application of this document.  
442 For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition  
443 of the referenced document (including any amendments) applies.

444 IEC 60038:1983, *IEC standard voltages*

445 IEC 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

446 IEC 60068-2-11:1981, *Environmental testing – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

447 IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic*  
448 *(12 + 12-hour cycle)*

- 449 IEC 60073:2002, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and*  
450 *identification – Coding principles for indicators and actuators*
- 451 IEC 60085:2007, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*
- 452 IEC 60099-1:1991, *Surge arresters – Part 1: Non-linear resistor type gapped surge arresters*  
453 *for a.c. systems*
- 454 IEC 60204 (all parts), *Safety of machinery – Electrical equipment of machines*
- 455 IEC 60216 (all parts), *Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance*
- 456 IEC 60228:2004, *Conductors of insulated cables*
- 457 IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*
- 458 IEC 60364-4-41:2005, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety –*  
459 *Protection against electric shock*
- 460 IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety –*  
461 *Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*
- 462 IEC 60364-5-52:2001, *Low-voltage electrical installations – Part 5-52: Selection and erection*  
463 *of electrical equipment – Wiring systems*
- 464 IEC 60364-5-53:2001, *Low-voltage electrical installations – Part 5-53: Selection and erection*  
465 *of electrical equipment – Isolation, switching and control*
- 466 IEC 60364-5-54:2002, *Low-voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection*  
467 *of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective*  
468 *bonding conductors*
- 469 IEC 60445:2006, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and*  
470 *identification – Identification of equipment terminals and of conductor terminations*
- 471 IEC 60446:2007, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and*  
472 *identification – Identification of conductors by colours or alphanumerics*
- 473 IEC 60447:2004, *Basic and safety principles for man-machine interface, marking and*  
474 *identification – Actuating principles*
- 475 IEC 60529:2001, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
- 476 IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1:*  
477 *Principles, requirements and tests*
- 478 IEC 60695-11-5:2004, *Fire hazard testing – Part 11-5: Test flames – Needle-flame test*  
479 *method – Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance*
- 480 IEC 60695-2-10:2000, *Fire Hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods –*  
481 *Glow-wire apparatus and common test procedure*
- 482 IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods –*  
483 *Glow-wire flammability test method for end-products*
- 484 IEC 60865-1:1993, *Short-circuit currents - Calculation of effects - Part 1: Definitions and*  
485 *calculation methods*
- 486 IEC 60890:1987, *A method of temperature-rise assessment by extrapolation for partially type-*  
487 *tested assemblies (PTTA) of low-voltage switchgear and controlgear*
- 488 IEC 60947-1:2004, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*
- 489 IEC 61000-3-2:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for*  
490 *harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16$  A per phase)*

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

- 491 IEC/TR 61000-3-6:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-6: Limits - Assessment*  
492 *of emission limits for the connection of distorting installations to MV, HV and EHV power*  
493 *systems*
- 494 IEC/TR 61000-3-7:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-7: Limits - Assessment*  
495 *of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power*  
496 *systems*
- 497 IEC 61000-4-2:2001, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and*  
498 *measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test – Basic EMC publication*
- 499 IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and*  
500 *measurement techniques – Radiated, radio frequency, electromagnetic field immunity test –*  
501 *Basic EMC publication*
- 502 IEC 61000-4-4:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and*  
503 *measurement techniques – Electrical test transient/burst immunity test – Basic EMC*  
504 *publication*
- 505 IEC 61000-4-5:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and*  
506 *measurement techniques – Surge immunity test – Basic EMC publication*
- 507 IEC 61000-4-6:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and*  
508 *measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency*  
509 *fields – Basic EMC publication*
- 510 IEC 61000-4-8:2001, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and*  
511 *measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test – Basic EMC*  
512 *publication*
- 513 IEC 61000-4-11:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and*  
514 *measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variation immunity*  
515 *tests – Basic EMC publication*
- 516 IEC 61000-4-13:2002, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and*  
517 *measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c.*  
518 *power port, low-frequency immunity tests – Basic EMC publication*
- 519 IEC 61000-6-4:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards –*  
520 *Emission standard for industrial environments*
- 521 IEC 61082 (all parts), *Preparation of documents used in electrotechnology*
- 522 IEC/TR 61117:1992, *A method for assessing the short-circuit withstand strength of partially*  
523 *type-tested assemblies (PTTA)*
- 524 IEC 61180 (all parts), *High-voltage test techniques for low voltage equipment*
- 525 IEC 61201:2007, *Use of conventional touch voltage limits – Application guide*
- 526 IEC 61346-1:1996, *Industrial systems, installation and equipment and industrial products –*  
527 *Structuring principles and reference designations – Part 1: Basic rules*
- 528 IEC 61346-2, *Industrial systems, installation and equipment and industrial products –*  
529 *Structuring principles and reference designations – Part 2: Classification of objects and codes*  
530 *for classes*
- 531 IEC 61643-1, *Low-voltage surge protective devices - Part 1: Surge protective devices*  
532 *connected to low-voltage power distribution systems - Requirements and tests*
- 533 IEC 62208, *Empty enclosures for low-voltage switchgear and controlgear assemblies –*  
534 *General requirements*

535 IEC 62262:2002, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment*  
536 *against external mechanical impacts (IK code)*

537 ISO 178:2001, *Plastics – Determination of flexural properties*

538 ISO 179 (all parts), *Plastics – Determination of Charpy impact properties*

539 ISO 2409:1992, *Paints and varnishes – Cross-cut test*

540 ISO 4628-3:2003, *Paints and varnishes – Evaluation of degradation of coatings; Designation*  
541 *of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance – Part 3:*  
542 *Assessment of degree of rusting*

543 ISO 4892-2:1994, *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 2: Xenon-*  
544 *arc sources*

545 CISPR 11:2004, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment –*  
546 *Electromagnetic disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

547 CISPR 22:2006, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics –*  
548 *Limits and methods of measurement*

### 549 **3 Terms and definitions**

550 For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

#### 551 **3.1 General terms**

##### 552 **3.1.1**

##### 553 **low-voltage switchgear and controlgear assembly (ASSEMBLY)**

554 combination of one or more low-voltage switching devices together with associated control,  
555 measuring, signalling, protective, regulating equipment, with all the internal electrical and  
556 mechanical interconnections and structural parts

##### 557 **3.1.2**

##### 558 **ASSEMBLY system**

559 full range of mechanical and electrical components (enclosures, busbars, functional units,  
560 etc.), as defined by the original manufacturer, which can be assembled in accordance with the  
561 original manufacturer's instructions in order to produce various ASSEMBLIES

##### 562 **3.1.3**

##### 563 **main circuit (of an ASSEMBLY)**

564 all the conductive parts of an ASSEMBLY included in a circuit which is intended to transmit  
565 electrical energy

566 [IEV 441-13-02: 2007]

##### 567 **3.1.4**

##### 568 **auxiliary circuit (of an ASSEMBLY)**

569 all the conductive parts of an ASSEMBLY included in a circuit (other than the main circuit)  
570 intended to control, measure, signal, regulate and process data, etc.

571 NOTE The auxiliary circuits of an ASSEMBLY include the control and the auxiliary circuits of the switching devices.

572 [IEV 441-13-03: 2007, modified]

##### 573 **3.1.5**

##### 574 **busbar**

575 low-impedance conductor to which several electric circuits can be separately connected

576 NOTE The term "busbar" does not presuppose the geometrical shape, size or dimensions of the conductor.

##### 577 **3.1.6**

##### 578 **main busbar**

579 busbar to which one or several distribution busbars and/or incoming and outgoing units can  
580 be connected

581 **3.1.7**  
582 **distribution busbar**  
583 busbar within one section which is connected to a main busbar and from which outgoing units  
584 are supplied

585 NOTE Conductors that are connected between a functional unit and a busbar are not considered as a part of the  
586 distribution busbars.

587 **3.1.8**  
588 **functional unit**  
589 part of an ASSEMBLY comprising all the electrical and mechanical elements that contribute to  
590 the fulfilment of the same function

591 NOTE Conductors which are connected to a functional unit but which are external to its compartment or enclosed  
592 protected space (e.g. auxiliary cables connected to a common compartment) are not considered to form part of the  
593 functional unit.

594 **3.1.9**  
595 **incoming unit**  
596 functional unit through which electrical energy is normally fed into the ASSEMBLY

597 **3.1.10**  
598 **outgoing unit**  
599 functional unit through which electrical energy is normally supplied to one or more external  
600 circuits

601  
602 NOTE In IEC 61439-6 an outgoing unit is referred to as a tap-off unit.

603 **3.1.11**  
604 **short-circuit protective device (SCPD)**  
605 device intended to protect a circuit or parts of a circuit against short-circuit currents by  
606 interrupting them

607 [2.2.21 of IEC 60947-1:2007]

## 608 **3.2 Constructional units of ASSEMBLIES**

609 **3.2.1**  
610 **fixed part**  
611 part consisting of components assembled and wired on a common support and which is  
612 designed for fixed installation

613 **3.2.2**  
614 **removable part**  
615 part consisting of components assembled and wired on a common support which is intended  
616 to be removed entirely from the ASSEMBLY and replaced whilst the circuit to which it is  
617 connected may be live

618 **3.2.3**  
619 **connected position**  
620 position of a removable part when it is fully connected for its intended function

621 **3.2.4**  
622 **removed position**  
623 position of a removable part when it is outside the ASSEMBLY, and mechanically and  
624 electrically separated from it

625 **3.2.5**  
626 **insertion interlock**  
627 device preventing the introduction of a removable part into a location not intended for that  
628 removable part

629 **3.2.6**  
630 **fixed connection**  
631 connection which is connected or disconnected by means of a tool

- 632 **3.2.7**  
633 **section**  
634 constructional unit of an ASSEMBLY between two successive vertical delineations
- 635 **3.2.8**  
636 **sub-section**  
637 constructional unit of an ASSEMBLY between two successive horizontal or vertical delineations  
638 within a section
- 639 **3.2.9**  
640 **compartment**  
641 section or sub-section enclosed except for openings necessary for interconnection, control or  
642 ventilation
- 643 **3.2.10**  
644 **transport unit**  
645 part of an ASSEMBLY or a complete ASSEMBLY suitable for transportation without being  
646 dismantled
- 647 **3.2.11**  
648 **shutter**  
649 part which can be moved between:
- 650 – a position in which it permits engagement of the contacts of a removable part with fixed  
651 contacts, and
  - 652 – a position in which it becomes a part of a cover or a partition shielding the fixed contacts  
653 [IEV 441-13-07: 1984, modified]
- 654 **3.3 External design of ASSEMBLIES**
- 655 **3.3.1**  
656 **open-type ASSEMBLY**  
657 ASSEMBLY consisting of a structure which supports the electrical equipment, the live parts of  
658 the electrical equipment being accessible
- 659 **3.3.2**  
660 **dead-front ASSEMBLY**  
661 open-type ASSEMBLY with a front cover; live parts may be accessible from directions other  
662 than the front.
- 663 **3.3.3**  
664 **enclosed ASSEMBLY**  
665 ASSEMBLY which is enclosed on all sides with the possible exception of its mounting surface in  
666 such a manner as to provide a defined degree of protection
- 667 **3.3.4**  
668 **cubicle-type ASSEMBLY**  
669 enclosed ASSEMBLY of the floor-standing type which may comprise several sections, sub-  
670 sections or compartments
- 671 **3.3.5**  
672 **multi-cubicle-type ASSEMBLY**  
673 combination of a number of mechanically joined cubicle-type ASSEMBLIES
- 674 **3.3.6**  
675 **desk-type ASSEMBLY**  
676 enclosed ASSEMBLY with a horizontal or inclined control panel or a combination of both, which  
677 incorporates control, measuring, signalling, apparatus, etc.,
- 678 **3.3.7**  
679 **box-type ASSEMBLY**  
680 enclosed ASSEMBLY, intended to be mounted on a vertical plane

- 681 **3.3.8**  
682 **multi-box-type ASSEMBLY**  
683 combination of box-type ASSEMBLIES mechanically joined together, with or without a common  
684 supporting frame, the electrical connections passing between two adjacent boxes through  
685 openings in the adjoining faces
- 686 **3.3.9**  
687 **wall-mounted surface type ASSEMBLY**  
688 ASSEMBLY for installation on the surface of a wall
- 689 **3.3.10**  
690 **wall-mounted recessed type ASSEMBLY**  
691 ASSEMBLY for installation into a wall recess, where the enclosure does not support the portion  
692 of wall above
- 693 **3.4 Structural parts of ASSEMBLIES**
- 694 **3.4.1**  
695 **supporting structure**  
696 structure forming part of an ASSEMBLY designed to support various components of the  
697 ASSEMBLY and any enclosure.
- 698 **3.4.2**  
699 **mounting structure**  
700 structure not forming part of an ASSEMBLY designed to support an ASSEMBLY
- 701 **3.4.3**  
702 **mounting plate**  
703 plate designed to support various components and suitable for installation in an ASSEMBLY
- 704 **3.4.4**  
705 **mounting frame**  
706 framework designed to support various components and suitable for installation in an  
707 ASSEMBLY
- 708 **3.4.5**  
709 **enclosure**  
710 housing affording the type and degree of protection suitable for the intended application
- 711 [IEV 195-02-35: 1998]
- 712 **3.4.6**  
713 **cover**  
714 external part of the enclosure of an ASSEMBLY
- 715 **3.4.7**  
716 **door**  
717 hinged or sliding cover
- 718 **3.4.8**  
719 **removable cover**  
720 cover which is designed for closing an opening in the external enclosure and which can be  
721 removed for carrying out certain operations and maintenance work
- 722 **3.4.9**  
723 **cover plate**  
724 part of an ASSEMBLY which is used for closing an opening in the external enclosure and  
725 designed to be held in place by screws or similar means
- 726 NOTE 1 It is not normally removed after the equipment is put into service.  
727 NOTE 2 The cover plate can be provided with cable entries.
- 728 **3.4.10**  
729 **partition**  
730 part of the enclosure of a compartment separating it from other compartments

- 731 **3.4.11**  
732 **barrier**  
733 part providing protection against direct contact from any usual direction of access
- 734 [IEV 195-06-15: 1998, modified]
- 735 **3.4.12**  
736 **obstacle**  
737 part preventing unintentional direct contact, but not preventing direct contact by deliberate  
738 action
- 739 [IEV 195-06-16: 1998, modified]
- 740 NOTE Obstacles are intended to prevent unintentional contact with live parts but not intentional contact by  
741 deliberate circumvention of the obstacle. They are intended to protect skilled or instructed persons but are not  
742 intended to protect ordinary persons.
- 743 **3.4.13**  
744 **terminal shield**  
745 part enclosing terminals and providing a defined degree of protection against access to live  
746 parts by persons or objects
- 747 **3.4.14**  
748 **cable entry**  
749 part with openings which permit the passage of cables into the ASSEMBLY
- 750 **3.4.15**  
751 **enclosed protected space**  
752 part of an ASSEMBLY intended to enclose electrical components and which provides defined  
753 protection against external influences and contact with live parts
- 754 **3.5 Conditions of installation of ASSEMBLIES**
- 755 **3.5.1**  
756 **ASSEMBLY for indoor installation**  
757 ASSEMBLY which is designed for use in locations where the normal service conditions for  
758 indoor use as specified in 7.1 are fulfilled
- 759 **3.5.2**  
760 **ASSEMBLY for outdoor installation**  
761 ASSEMBLY which is designed for use in locations where the normal service conditions for  
762 outdoor use as specified in 7.1 are fulfilled
- 763 **3.5.3**  
764 **stationary ASSEMBLY**  
765 ASSEMBLY which is designed to be fixed at its place of installation, for instance to the floor or  
766 to a wall, and to be used at this place
- 767 **3.5.4**  
768 **movable ASSEMBLY**  
769 ASSEMBLY which is designed so that it can readily be moved from one place of use to another
- 770 **3.6 Insulation characteristics**
- 771 **3.6.1**  
772 **clearance**  
773 the distance between two conductive parts along a string stretched the shortest way between  
774 these conductive parts
- 775 [IEV 441-17-31: 2007]
- 776 **3.6.2**  
777 **creepage distance**  
778 the shortest distance along the surface of the insulating material between two conductive  
779 parts

780 [IEV 151-15-50: 2001]

781 NOTE A joint between two pieces of insulating material is considered part of the surface.

782 **3.6.3**

783 **overvoltage**

784 any voltage having a peak value exceeding the corresponding peak value of the maximum  
785 steady-state voltage at normal operating conditions

786 [definition 3.7 of IEC 60664-1: 2007]

787 **3.6.4**

788 **temporary overvoltage**

789 overvoltage at power frequency of relatively long duration (several seconds)

790 [definition 3.7.1 of IEC 60664-1: 2007, modified]

791 **3.6.5**

792 **transient overvoltage**

793 short duration overvoltage of a few milliseconds or less, oscillatory or non-oscillatory, usually  
794 highly damped

795 [IEV 604-03-13: 1987]

796 **3.6.6**

797 **power-frequency withstand voltage**

798 r.m.s. value of a power-frequency sinusoidal voltage which does not cause breakdown under  
799 specified conditions of test

800 [definition 2.5.56 of IEC 60947-1: 2007]

801 NOTE The power-frequency withstand voltage is equivalent to the short-term temporary overvoltage in IEC 60664-1

802 **3.6.7**

803 **impulse withstand voltage**

804 highest peak value of impulse voltage of prescribed form and polarity which does not cause  
805 breakdown of insulation under specified conditions

806 [definition 3.8.1 of IEC 60664-1: 2007]

807 **3.6.8**

808 **pollution**

809 any addition of solid, liquid or gaseous foreign matter, that can result in a reduction of the  
810 dielectric strength or surface resistivity of insulation

811 [definition 3.11 of IEC 60664-1: 2007, modified]

812 **3.6.9**

813 **pollution degree (of environmental conditions)**

814 conventional number based on the amount of conductive or hygroscopic dust, ionized gas or  
815 salt, and on the relative humidity and its frequency of occurrence resulting in hygroscopic  
816 absorption or condensation of moisture leading to reduction in dielectric strength and/or  
817 surface resistivity

818 NOTE 1 The pollution degree to which the insulating materials of devices and components are exposed may be  
819 different from that of the macro-environment where the devices or components are located because of protection  
820 offered by means such as an enclosure or internal heating to prevent absorption or condensation of moisture.

821 NOTE 2 For the purpose of this standard, the pollution degree is of the micro-environment.

822 [definition 2.5.58 of IEC 60947-1: 2007]

823 **3.6.10**

824 **micro-environment (of a clearance or creepage distance)**

825 ambient conditions which surround the clearance or creepage distance under consideration

826 NOTE The micro-environment of the creepage distance or clearance and not the environment of the ASSEMBLY or  
827 components determines the effect on the insulation. The micro-environment may be better or worse than the

828 environment of the ASSEMBLY or components. It includes all factors influencing the insulation, such as climatic and  
829 electromagnetic conditions, generation of pollution, etc.

830 [definition 2.5.59 of IEC 60947-1: 2007, modified]

831 **3.6.11**

832 **overvoltage category (of a circuit or within an electrical system)**

833 conventional number based on limiting (or controlling) the values of prospective transient  
834 overvoltages occurring in a circuit (or within an electrical system having different nominal  
835 voltages) and depending upon the means employed to influence the overvoltages

836 NOTE In an electrical system, the transition from one overvoltage category to another of lower category is  
837 obtained through appropriate means complying with interface requirements, such as an overvoltage protective  
838 device or a series-shunt impedance arrangement capable of dissipating, absorbing, or diverting the energy in the  
839 associated surge current, to lower the transient overvoltage value to that of the desired lower overvoltage category.

840 [definition 2.5.60 of IEC 60947-1: 2007]

841 **3.6.12**

842 **surge arrester; surge protective device (SPD)**

843 device designed to protect the electrical apparatus from high transient overvoltages and to  
844 limit the duration and frequently the amplitude of the follow-on current

845 [definition 2.2.22 of IEC 60947-1: 2007]

846 **3.6.13**

847 **insulation co-ordination**

848 correlation of insulating characteristics of electrical equipment with the expected overvoltages  
849 and the characteristics of overvoltage protective devices on the one hand, and with the  
850 expected micro-environment and the pollution protective means on the other hand

851 [definition 2.5.61 of IEC 60947-1: 2007, modified]

852 **3.6.14**

853 **homogeneous (uniform) field**

854 electric field which has an essentially constant voltage gradient between electrodes, such as  
855 that between two spheres where the radius of each sphere is greater than the distance  
856 between them

857 [definition 2.5.62 of IEC 60947-1: 2007]

858 **3.6.15**

859 **inhomogeneous (non-uniform) field**

860 electric field which has not an essentially constant voltage gradient between electrodes

861 [definition 2.5.63 of IEC 60947-1: 2007]

862 **3.6.16**

863 **tracking**

864 progressive formation of conducting paths which are produced on the surface of a solid  
865 insulating material, due to the combined effects of electric stress and electrolytic  
866 contamination on this surface

867 [definition 2.5.64 of IEC 60947-1: 2007]

868 **3.6.17**

869 **comparative tracking index**

870 **CTI**

871 numerical value of the maximum voltage in volts at which a material withstands 50 drops of a  
872 defined test liquid without tracking

873 NOTE The value of each test voltage and the CTI should be divisible by 25.

874 [definition 2.5.65 of IEC 60947-1: 2007, modified]

875 **3.6.18**  
876 **disruptive discharge**  
877 phenomena associated with the failure of insulation under electrical stress, in which the  
878 discharge completely bridges the insulation under test, reducing the voltage between the  
879 electrodes to zero or nearly zero

880 NOTE 1 A disruptive discharge in a solid dielectric produces permanent loss of dielectric strength; in a liquid or  
881 gaseous dielectric, the loss may be only temporary.

882 NOTE 2 The term "sparkover" is used when a disruptive discharge occurs in a gaseous or liquid dielectric.

883 NOTE 3 The term "flashover" is used when a disruptive discharge occurs over the surface of a dielectric in a  
884 gaseous or liquid medium.

885 NOTE 4 The term "puncture" is used when a disruptive discharge occurs through a solid dielectric.

## 886 **3.7 Protection against electric shock**

### 887 **3.7.1**

#### 888 **live part**

889 conductor or conductive part intended to be energized in normal operation, including a neutral  
890 conductor, but by convention not a PEN conductor

891 NOTE This term does not necessarily imply a risk of electric shock.

892 [IEV 195-02-19: 1998]

### 893 **3.7.2**

#### 894 **hazardous live part**

895 live part which, under certain conditions, can give a harmful electric shock

896 [IEV 195-6-5: 1998]

### 897 **3.7.3**

#### 898 **exposed conductive part**

899 conductive part of the ASSEMBLY, which can be touched and which is not normally live, but  
900 which may become a hazardous live part under fault conditions

901 [IEV 826-12-10: 2007, modified]

### 902 **3.7.4**

#### 903 **protective conductor**

#### 904 **(identification: PE)**

905 conductor provided for purposes of safety, for example protection against electric shock

906 [IEV 826-13-22: 2007]

907 NOTE As an example the protective conductor can electrically connect the following parts:

- 908 - exposed conductive parts;
- 909 - extraneous conductive parts;
- 910 - main earthing terminal;
- 911 - earth electrode;
- 912 - earthed point of the source or artificial neutral.

### 913 **3.7.5**

#### 914 **neutral conductor**

#### 915 **N**

916 conductor electrically connected to the neutral point and capable of contributing to the  
917 distribution of electric energy

918 [IEV 195-02-06: 1998, modified]

### 919 **3.7.6**

#### 920 **PEN conductor**

921 conductor combining the functions of both a protective earthing conductor and a neutral  
922 conductor

- 923 [IEV 195-02-12: 1998]
- 924 **3.7.7**  
925 **fault current**  
926 current resulting from an insulation failure, the bridging of insulation or incorrect connection in  
927 an electrical circuit
- 928 **3.7.8**  
929 **basic protection**  
930 protection against electric shock under fault-free conditions
- 931 [IEV 195-06-01: 1998]
- 932 NOTE Basic protection is intended to prevent contact with live parts and generally corresponds to protection  
933 against direct contact.
- 934 **3.7.9**  
935 **basic insulation**  
936 insulation of hazardous live parts, which provide basic protection
- 937 [IEV 195-06-06: 1998]
- 938 NOTE This concept does not apply to insulation used exclusively for functional purposes
- 939 **3.7.10**  
940 **fault protection**  
941 protection against electric shock under single-fault conditions (e.g. failure of basic insulation)
- 942 [IEV 195-06-02. Amendment 1: 2001, modified]
- 943 NOTE Fault protection generally corresponds to protection against indirect contact, mainly with regard to failure  
944 of basic insulation.
- 945 **3.7.11**  
946 **extra-low voltage (ELV)**  
947 any voltage not exceeding the relevant voltage limit specified in IEC 61201
- 948 **3.7.12**  
949 **skilled person**  
950 person with relevant education and experience to enable him or her to perceive risks and to  
951 avoid hazards which electricity can create
- 952 [IEV 826-18-01: 2007]
- 953 **3.7.13**  
954 **instructed person**  
955 person adequately advised or supervised by skilled persons to enable him or her to perceive  
956 risks and to avoid hazards electricity can create
- 957 [IEV 826-18-02:2007]
- 958 **3.7.14**  
959 **ordinary person**  
960 person who is neither a skilled person nor an instructed person
- 961 [IEV 826-18-03: 2007]
- 962 **3.7.15**  
963 **authorized person**  
964 skilled or instructed person, who is empowered to execute defined work
- 965 **3.8 Characteristics**
- 966 **3.8.1**  
967 **nominal value**  
968 value of a quantity used to designate and identify a component, device, equipment or system.

969 NOTE The nominal value is generally a rounded value.

970 [IEV 151-16-09: 2001]

971 **3.8.2**

972 **limiting value**

973 in a specification of a component, device, equipment or system, the greatest or smallest  
974 admissible value of a quantity

975 [IEV 151-16-10: 2001]

976 **3.8.3**

977 **rated value**

978 value of a quantity used for specification purposes, established for a specified set of operating  
979 conditions of a component, device, equipment, or system

980 [IEV 151-16-08: 2001]

981 **3.8.4**

982 **rating**

983 set of rated values and operating conditions

984 [IEV 151-16-11: 2001]

985 **3.8.5**

986 **nominal voltage (of an electrical system)**

987 approximate value of voltage used to designate or identify an electrical system

988

989 [IEV 601-01-21 modified]

990

991 **3.8.6**

992 **short-circuit current ( $I_c$ )**

993 over-current resulting from a short circuit due to a fault or an incorrect connection in an  
994 electric circuit

995 [IEV 441-11-07: 2007]

996 **3.8.7**

997 **prospective short-circuit current ( $I_{cp}$ )**

998 r.m.s. value of the current which would flow when the supply conductors to the circuit are  
999 short-circuited by a conductor of negligible impedance located as near as practicable to the  
1000 supply terminals of the ASSEMBLY (see 10.11.5.4)

1001

1002 **3.8.8**

1003 **cut-off current; let-through current**

1004 maximum instantaneous value of current attained during the breaking operation of a switching  
1005 device or a fuse

1006 NOTE This concept is of particular importance when the switching device or the fuse operates in such a manner  
1007 that the prospective peak current of the circuit is not reached.

1008 [IEV 441-17-12: 2007]

1009 **3.8.9 voltage ratings**

1010 **3.8.9.1**

1011 **rated voltage ( $U_n$ )**

1012 highest nominal voltage of the electrical system, a.c. (r.m.s.) or d.c., declared by the  
1013 ASSEMBLY manufacturer, to which the main circuit(s) of the ASSEMBLY is (are) designed to be  
1014 connected.

1015 NOTE 1 In polyphase circuits, it is the voltage between phases.

- 1016 NOTE 2 Transients are disregarded.
- 1017 NOTE 3 The value of the supply voltage may exceed the rated voltage due to permissible system tolerances.
- 1018 **3.8.9.2**
- 1019 **rated operational voltage ( $U_e$ ) (of a circuit of an ASSEMBLY)**
- 1020 value of voltage, declared by the ASSEMBLY manufacturer, which combined with the rated
- 1021 current determines its application.
- 1022 NOTE In polyphase circuits, it is the voltage between phases.
- 1023 **3.8.9.3**
- 1024 **rated insulation voltage ( $U_i$ )**
- 1025 r.m.s withstand voltage value, assigned by the ASSEMBLY manufacturer to the equipment or to
- 1026 a part of it, characterising the specified (long-term) withstand capability of the insulation
- 1027 [definition 3.9.1 of IEC 60664-1: 2007, modified]
- 1028 NOTE 1 In polyphase circuits, it is the voltage between phases.
- 1029 NOTE 2 The rated insulation voltage is not necessarily equal to the rated operational voltage of equipment which
- 1030 is primarily related to functional performance.
- 1031 NOTE 3 It is the value to which dielectric test voltages and creepage distances are referred, see also 8.3.
- 1032 **3.8.9.4**
- 1033 **rated impulse withstand voltage ( $U_{imp}$ )**
- 1034 impulse withstand voltage value, declared by the ASSEMBLY manufacturer, characterising the
- 1035 specified withstand capability of the insulation against transient overvoltages
- 1036 [definition 3.9.2 of IEC 60664-1: 2007, modified]
- 1037 **3.8.10 current ratings**
- 1038 **3.8.10.1**
- 1039 **rated current**
- 1040 value of current, declared by the ASSEMBLY manufacturer which can be carried without the
- 1041 temperature-rise of various parts of the ASSEMBLY exceeding specified limits under specified
- 1042 conditions
- 1043 **3.8.10.2**
- 1044 **rated peak withstand current ( $I_{pk}$ )**
- 1045 value of peak short-circuit current, declared by the ASSEMBLY manufacturer, that can be
- 1046 withstood under specified conditions
- 1047 **3.8.10.3**
- 1048 **rated short-time withstand current ( $I_{cw}$ )**
- 1049 r.m.s value of short-time current, declared by the ASSEMBLY manufacturer, that can be carried
- 1050 without damage under specified conditions, defined in terms of a current and time
- 1051 **3.8.10.4**
- 1052 **rated conditional short-circuit current ( $I_{cc}$ )**
- 1053 value of prospective short-circuit current, declared by the ASSEMBLY manufacturer, that can be
- 1054 withstood for the total operating time (clearing time) of the short-circuit protective device
- 1055 (SCPD) under specified conditions
- 1056 NOTE The short-circuit protective device may form an integral part of the ASSEMBLY or may be a separate unit.
- 1057 **3.8.11**
- 1058 **rated diversity factor**
- 1059 **RDF**
- 1060 per unit value of the rated current, assigned by the ASSEMBLY manufacturer, to which outgoing
- 1061 circuits of an ASSEMBLY can be continuously and simultaneously loaded taking into account the
- 1062 mutual thermal influences

- 1063 **3.8.12**  
1064 **rated frequency ( $f_n$ )**  
1065 value of frequency, declared by the ASSEMBLY manufacturer, which designates a circuit and to  
1066 which the operating conditions refer
- 1067 **3.8.13**  
1068 **electromagnetic compatibility**  
1069 **EMC**  
1070 NOTE For EMC related terms and definitions, see J.3.8.12.1 to J.3.8.12.6 of Annex J.
- 1071 **3.9 Verification**
- 1072 **3.9.1**  
1073 **design verification**  
1074 verification made on a sample of an ASSEMBLY or on parts of ASSEMBLIES to show that the  
1075 design meets the requirements of the relevant ASSEMBLY standard
- 1076 NOTE Design verification may comprise one or more equivalent methods see 3.9.1.1, 3.9.1.2 and 3.9.1.3
- 1077 **3.9.1.1**  
1078 **verification test**  
1079 test made on a sample of an ASSEMBLY or on parts of ASSEMBLIES to verify that the design  
1080 meets the requirements of the relevant ASSEMBLY standard
- 1081 NOTE Verification tests are equivalent to type tests.
- 1082 **3.9.1.2**  
1083 **verification comparison**  
1084 [structured comparison of a proposed design for an ASSEMBLY, or parts of an ASSEMBLY, with a](#)  
1085 [tested reference design.](#)
- 1086 **3.9.1.3**  
1087 **verification assessment**  
1088 design verification of strict design rules or calculations applied to a sample of an ASSEMBLY or  
1089 to parts of ASSEMBLIES to show that the design meets the requirements of the relevant  
1090 ASSEMBLY standard
- 1091 **3.9.2**  
1092 **routine verification**  
1093 verification of each ASSEMBLY performed during and/or after manufacture to confirm whether it  
1094 complies with the requirements of the relevant ASSEMBLY standard
- 1095 **3.10 Manufacturer/User**
- 1096 **3.10.1**  
1097 **original manufacturer**  
1098 organization that has carried out the original design and the associated verification of an  
1099 ASSEMBLY in accordance with the relevant ASSEMBLY standard
- 1100 **3.10.2**  
1101 **ASSEMBLY manufacturer**  
1102 organization taking the responsibility for the completed ASSEMBLY
- 1103 NOTE The ASSEMBLY manufacturer may be a different organisation to the original manufacturer.
- 1104 **3.10.3**  
1105 **User**  
1106 party who will use and operate the ASSEMBLY, or someone acting on their behalf
- 1107 **4 Symbols and abbreviations**
- 1108 Alphabetical list of terms with symbols and abbreviations together with the subclause where  
1109 they are first used:

Symbol/Abbreviation	Term	Subclause
CTI	comparative tracking index	3.6.17
ELV	extra-low voltage	3.7.11
EMC	electromagnetic compatibility	3.8.13
$f_n$	rated frequency	3.8.12
$I_c$	short-circuit current	3.8.6
$I_{cc}$	rated conditional short-circuit current	3.8.10.4
$I_{cp}$	prospective short-circuit current	3.8.7
$I_{cw}$	rated short-time withstand current	3.8.10.3
$I_{nA}$	rated current of the ASSEMBLY	5.3.1
$I_{nc}$	rated current of a circuit	5.3.2
$I_{pk}$	rated peak withstand current	3.8.10.2
MCCB	moulded-case circuit-breaker	10.10.4.2.1
N	neutral conductor	3.7.5
PE	protective conductor	3.7.4
PEN	PEN conductor	3.7.6
RDF	rated diversity factor	3.8.11
SCPD	short-circuit protective device	3.1.11
SPD	surge protective device	3.6.12
$U_e$	rated operational voltage	3.8.9.2
$U_i$	rated insulation voltage	3.8.9.3
$U_{imp}$	rated impulse withstand voltage	3.8.9.4
$U_n$	rated voltage	3.8.9.1

1110 **5 Interface characteristics**

1111 **5.1 General**

1112 The characteristics of the ASSEMBLY shall ensure compatibility with the ratings of the circuits  
1113 to which it is connected and the installation conditions and shall be specified by the ASSEMBLY  
1114 Manufacturer using the criteria identified in 5.2 to 5.5.

1115 **5.2 Voltage ratings**

1116 **5.2.1 Rated voltage ( $U_n$ ) (of the ASSEMBLY)**

1117 The ASSEMBLY manufacturer shall state the rated voltage. This voltage has to be at least equal  
1118 to the nominal voltage of the electrical system.

1119 **5.2.2 Rated operational voltage ( $U_e$ ) (of a circuit of an ASSEMBLY)**

1120 If different from the rated voltage of the ASSEMBLY, the ASSEMBLY manufacturer shall state the  
1121 appropriate rated operational voltage of the circuit.

1122 The rated operational voltage of any circuit shall not be less than the nominal voltage of the  
1123 electrical system to which it is to be connected.

1124 **5.2.3 Rated insulation voltage ( $U_i$ ) (of a circuit of an ASSEMBLY)**

1125 The rated insulation voltage of a circuit of an ASSEMBLY is the voltage value to which dielectric  
1126 test voltages and creepage distances are referred.

1127 The rated insulation voltage of a circuit shall be equal or higher than the values stated for  $U_n$   
1128 and for  $U_e$  for the same circuit.

1129 NOTE For single-phase circuits derived from IT systems (see IEC 60364-5-52), the rated insulation voltage  
1130 should be at least equal to the voltage between phases of the supply.

1131 **5.2.4 Rated impulse withstand voltage ( $U_{imp}$ ) (of the ASSEMBLY)**

1132 The rated impulse withstand voltage shall be equal to or higher than the values stated for the  
1133 transient overvoltages occurring in the electrical system(s) to which the circuit is designed to  
1134 be connected.

1135 NOTE The preferred values of rated impulse withstand voltage are those given in Table G.1 of Annex G.

1136 **5.3 Current ratings**

1137 **5.3.1 Rated current of the ASSEMBLY ( $I_{nA}$ )**

1138 The rated current of the ASSEMBLY is the smaller of:

- 1139 – the sum of the rated currents of the incoming circuits within the ASSEMBLY operated in  
1140 parallel;
- 1141 – the total current which the main busbar is capable of distributing in the particular  
1142 ASSEMBLY arrangement.

1143 This current shall be carried without the temperature rise of the individual parts exceeding the  
1144 limits specified in 9.2.

1145 NOTE 1 The rated current of an incoming circuit may be lower than the rated current of the incoming device  
1146 (according to the respective device standard) installed in the ASSEMBLY.

1147 NOTE 2 The main busbar in this context is a single busbar or a combination of single busbars that are normally  
1148 connected in service e.g. by means of a bus coupler.

1149 NOTE 3. The rated current of the ASSEMBLY is the maximum load current when fully equipped with functional  
1150 units

1151

1152 **5.3.2 Rated current of a circuit ( $I_{nc}$ )**

1153 The rated current of a circuit is the value of the current that can be carried by this circuit  
1154 loaded alone, under normal service conditions. This current shall be carried without the  
1155 temperature rise of the various parts of the ASSEMBLY exceeding the limits specified in 9.2.

1156 NOTE 1 The rated current of a circuit may be lower than the rated currents of the devices (according to the  
1157 respective device standard) installed in this circuit.

1158 NOTE 2 Due to the complex factors determining the rated currents, no standard values can be given.

1159 **5.3.3 Rated diversity factor (RDF)**

1160 The rated diversity factor is the per unit value of the rated current, assigned by the ASSEMBLY  
1161 manufacturer, to which outgoing circuits of an ASSEMBLY can be continuously and  
1162 simultaneously loaded taking into account the mutual thermal influences.

1163 Rated diversity factor can be stated:

- 1164 • for groups of circuits;
- 1165 • for the whole ASSEMBLY.

1166 The rated diversity factor multiplied by the rated current of the circuits shall be equal to or  
1167 higher than the assumed loading of the outgoing circuits. The assumed loading of outgoing  
1168 circuits shall be addressed by the relevant ASSEMBLY standard.

1169 NOTE The assumed loading of the outgoing circuits can be a steady continuous current or the thermal equivalent  
1170 of a varying current (See Annex E)

1171 The rated diversity factor is applicable with the ASSEMBLY operating at rated current ( $I_{nA}$ ).

1172 NOTE The rated diversity factor recognizes that multiple functional units are in practice not fully loaded  
1173 simultaneously or are intermittently loaded.

1174 See Annex E for further details.

1175 **5.3.4 Rated peak withstand current ( $I_{pk}$ )**

1176 The rated peak withstand current shall be equal to or higher than the values stated for the  
1177 peak value of the prospective short-circuit current of the supply system(s) to which the  
1178 circuit(s) is (are) designed to be connected (see also 9.3.3).

1179 **5.3.5 Rated short-time withstand current ( $I_{cw}$ ) (of a circuit of an ASSEMBLY)**

1180 The rated short-time withstand current shall be equal to or higher than the prospective r.m.s.  
1181 value of the short-circuit current ( $I_{cp}$ ) at each point of connection to the supply, (see also  
1182 3.8.9.3).

1183 Different values of  $I_{cw}$  for different durations (e.g. 0.2 s; 1 s; 3 s) may be assigned to an  
1184 ASSEMBLY.

1185 For a.c., the value of the current is the r.m.s. value of the a.c. component.

1186 **5.3.6 Rated conditional short-circuit current of an ASSEMBLY ( $I_{cc}$ )**

1187 The rated conditional short-circuit current shall be equal to or higher than the prospective  
1188 r.m.s. value of short-circuit current ( $I_{cp}$ ) for a duration limited by the operation of the short-  
1189 circuit protective device that protects the ASSEMBLY.

1190 The breaking capacity and current limitation characteristic ( $I^2t$ ,  $I_{pk}$ ) of the specified short-  
1191 circuit protective device shall be stated by the ASSEMBLY manufacturer, taking into  
1192 consideration the data given by the device manufacturer.

1193 **5.4 Rated frequency ( $f_n$ )**

1194 The rated frequency of a circuit is the value of frequency to which the operating conditions are  
1195 referred. Where the circuits of an ASSEMBLY are designed for different values of frequency, the  
1196 rated frequency of each circuit shall be given.

1197 NOTE The frequency should be within the limits specified in the relevant IEC standards for the incorporated  
1198 components. Unless otherwise stated by the ASSEMBLY manufacturer, the limits are assumed to be 98 % and  
1199 102 % of the rated frequency.

## 1200 **5.5 Other characteristics**

1201 The following characteristics shall be declared:

- 1202 a) additional requirements depending on the specific service conditions of a functional unit  
1203 (e.g. type of coordination, overload characteristics);
- 1204 b) pollution degree; (see 3.6.9);
- 1205 c) types of system earthing for which the ASSEMBLY is designed;
- 1206 d) indoor and/or outdoor installation (see 3.5.1 and 3.5.2);
- 1207 e) stationary or movable (see 3.5.3 and 3.5.4);
- 1208 f) degree of protection;
- 1209 g) intended for use by skilled or ordinary persons (see 3.7.12 and 3.7.14);
- 1210 h) electromagnetic compatibility (EMC) classification (see Annex J);
- 1211 i) special service conditions, if applicable (see 7.2);
- 1212 j) external design (see 3.3);
- 1213 k) mechanical impact protection, if applicable (see 8.2.1);
- 1214 l) the type of construction – fixed or removable parts (see 8.5.1 and 8.5.2.).

## 1215 **6 Information**

### 1216 **6.1 ASSEMBLY designation marking**

1217 The ASSEMBLY manufacturer shall provide each ASSEMBLY with one or more labels, marked in  
1218 a durable manner and located in a place such that they are visible and legible when the  
1219 ASSEMBLY is installed and in operation. Compliance is checked according to the test of 10.2.7  
1220 and by inspection.

1221 The following information regarding the ASSEMBLY shall be provided on the designation  
1222 label(s):

- 1223 a) ASSEMBLY manufacturer's name or trade mark (see 3.10.2);
- 1224 b) type designation or identification number or any other means of identification, making it  
1225 possible to obtain relevant information from the ASSEMBLY manufacturer;
- 1226 c) means of identifying date of manufacture;
- 1227 d) IEC 61439-X (the specific part "X" shall be identified).

1228 NOTE The relevant ASSEMBLY standard may specify where additional information is to be provided on the  
1229 designation label.

### 1230 **6.2 Documentation**

#### 1231 **6.2.1 Information relating to the ASSEMBLY**

1232 The following additional information, where applicable, shall be provided in the ASSEMBLY  
1233 Manufacturer's technical documentation supplied with the ASSEMBLY:

- 1234 a) rated voltage ( $U_n$ ) (of the ASSEMBLY) (see 5.2.1);
- 1235 b) rated operational voltage ( $U_e$ ) (of each circuit) (see 5.2.2);
- 1236 c) rated impulse withstand voltage ( $U_{imp}$ ) (see 5.2.4);
- 1237 d) rated insulation voltage ( $U_i$ ) (see 5.2.3);
- 1238 e) rated current of the ASSEMBLY ( $I_{nA}$ ) (see 5.3.1);
- 1239 f) rated current of each circuit ( $I_{nC}$ ) (see 5.3.2);
- 1240 g) rated peak withstand current ( $I_{pk}$ ) (see 5.3.4);

- 1241 h) rated short-time withstand current ( $I_{cw}$ ) together with its duration (see 5.3.5);  
1242 i) rated conditional short-circuit current ( $I_{cc}$ ) (see 5.3.6);  
1243 j) rated frequency ( $f_n$ ) (see 5.4);  
1244 k) rated diversity factor(s) (RDF) (see 5.3.3).  
1245 All necessary information relating to the other declared classifications and characteristics (see  
1246 5.5) shall be provided.

1247 The following additional information regarding the ASSEMBLY shall be provided where  
1248 applicable:

- 1249 1) the short-circuit withstand strength and nature of short-circuit protective device(s) (see  
1250 9.3.2);  
1251 2) measures for protection against electric shock;  
1252 3) overall dimensions (including projections e.g handles, covers, doors);  
1253 4) the weight where this exceeds 30 kg.

### 1254 **6.2.2 Instructions for handling, installation, operation and maintenance**

1255 The ASSEMBLY manufacturer shall provide in documents or catalogues the conditions, if any,  
1256 for the handling, installation, operation and maintenance of the ASSEMBLY and the equipment  
1257 contained therein.

1258 If necessary, the instructions shall indicate the measures that are of particular importance for  
1259 the proper and correct transport, handling, installation and operation of the ASSEMBLY. The  
1260 provision of weight details is of particular importance in connection with the transport and  
1261 handling of ASSEMBLIES.

1262 The correct location and installation of lifting means and the thread size of lifting attachments,  
1263 if applicable, shall be given in the ASSEMBLY manufacturer's documentation or the instructions  
1264 on how the ASSEMBLY has to be handled.

1265 The measures to be taken, if any, with regard to EMC associated with the installation,  
1266 operation and maintenance of the ASSEMBLY shall be specified (see Annex J).

1267 If an ASSEMBLY specifically intended for environment A is to be used in environment B the  
1268 following warning shall be included in the operating instructions:

#### CAUTION

This product has been designed for environment A. Use of this product in environment B may cause unwanted electromagnetic disturbances in which case the user may be required to take adequate mitigation measures.

1269 Where necessary, the above-mentioned documents shall indicate the recommended extent  
1270 and frequency of maintenance.

1271 If the circuitry is not obvious from the physical arrangement of the apparatus installed,  
1272 suitable information shall be supplied, for example wiring diagrams or tables.

### 1273 **6.3 Device and/or component identification**

1274 Inside the ASSEMBLY, it shall be possible to identify individual circuits and their protective  
1275 devices. Any designations used shall be in compliance with IEC 61346-1 and IEC 61346-2  
1276 and identical with those used in the wiring diagrams, which shall be in accordance with  
1277 IEC 61082-1.

## 1278 **7 Service conditions**

### 1279 **7.1 Normal service conditions**

1280 ASSEMBLIES conforming to this standard are intended for use under the normal service  
1281 conditions detailed below.

1282 NOTE If components, for example relays, electronic equipment, are used which are not designed for these  
1283 conditions, appropriate steps should be taken to ensure proper operation.

1284 **7.1.1 Ambient air temperature**

1285 **7.1.1.1 Ambient air temperature for indoor installations**

1286 The ambient air temperature does not exceed +40 °C and its average over a period of 24 h  
1287 does not exceed +35 °C.

1288 The lower limit of the ambient air temperature is –5 °C.

1289 **7.1.1.2 Ambient air temperature for outdoor installations**

1290 The ambient air temperature does not exceed +40 °C and its average over a period of 24 h  
1291 does not exceed +35 °C.

1292 The lower limit of the ambient air temperature is –25 °C.

1293 **7.1.2 Humidity conditions**

1294 **7.1.2.1 Humidity conditions for indoor installations**

1295 The relative humidity of the air does not exceed 50 % at a maximum temperature of +40 °C.  
1296 Higher relative humidity may be permitted at lower temperatures, for example 90 % at +20 °C.  
1297 Moderate condensation should be borne in mind which may occasionally occur due to  
1298 variations in temperature.

1299 **7.1.2.2 Humidity conditions for outdoor installations**

1300 The relative humidity may temporarily be as high as 100 % at a maximum temperature of  
1301 +25 °C.

1302 **7.1.3 Pollution degree**

1303 The pollution degree (see 3.6.9) refers to the environmental conditions for which the  
1304 ASSEMBLY is intended.

1305 For switching devices and components inside an enclosure, the pollution degree of the  
1306 environmental conditions in the enclosure is applicable.

1307 For the purpose of evaluating clearances and creepage distances, the following four degrees  
1308 of pollution in the micro-environment are established.

1309 *Pollution degree 1:*

1310 No pollution or only dry, non-conductive pollution occurs. The pollution has no influence.

1311 *Pollution degree 2:*

1312 Only non-conductive pollution occurs except that occasionally a temporary conductivity  
1313 caused by condensation is to be expected.

1314 *Pollution degree 3:*

1315 Conductive pollution occurs or dry, non-conductive pollution occurs which is expected to  
1316 become conductive due to condensation.

1317 *Pollution degree 4:*

1318 Continuous conductivity occurs due to conductive dust, rain or other wet conditions.

1319 Pollution degree 4 is not applicable for a micro-environment inside the ASSEMBLY to this  
1320 standard.

1321 Unless otherwise stated, ASSEMBLIES for industrial applications are generally for use in a  
1322 pollution degree 3 environment. However, other pollution degrees may be considered to  
1323 apply, depending upon particular applications or the micro-environment.

1324 NOTE The pollution degree of the micro-environment for the equipment may be influenced by installation in an  
1325 enclosure.

#### 1326 **7.1.4 Altitude**

1327 The altitude of the site of installation does not exceed 2 000 m.

1328 NOTE For equipment to be used at higher altitudes, it is necessary to take into account the reduction of the  
1329 dielectric strength, the switching capability of the devices and of the cooling effect of the air.

#### 1330 **7.2 Special service conditions**

1331 Where any special service conditions exist, the applicable particular requirements shall be  
1332 complied with or special agreements shall be made between the ASSEMBLY manufacturer and  
1333 the user. The user shall inform the ASSEMBLY manufacturer if such exceptional service  
1334 conditions exist.

1335 Special service conditions include, for example:

- 1336 a) values of temperature, relative humidity and/or altitude differing from those specified in  
1337 7.1;
- 1338 b) applications where variations in temperature and/or air pressure take place at such a  
1339 speed that exceptional condensation is liable to occur inside the ASSEMBLY;
- 1340 c) heavy pollution of the air by dust, smoke, corrosive or radioactive particles, vapours or  
1341 salt;
- 1342 d) exposure to strong electric or magnetic fields;
- 1343 e) exposure to extreme climatic conditions;
- 1344 f) attack by fungus or small creatures;
- 1345 g) installation in locations where fire or explosion hazards exist;
- 1346 h) exposure to heavy vibration and shocks;
- 1347 i) installation in such a manner that the current-carrying capacity or breaking capacity is  
1348 affected, for example equipment built into machines or recessed into walls;
- 1349 j) exposure to conducted and radiated disturbances other than electromagnetic, and  
1350 electromagnetic disturbances in environments other than those described in 9.4;
- 1351 k) exceptional overvoltage conditions or voltage fluctuations;
- 1352 l) excessive harmonics in the supply voltage or load current.

#### 1353 **7.3 Conditions during transport, storage and installation**

1354 A special agreement shall be made between the ASSEMBLY manufacturer and the user if the  
1355 conditions during transport, storage and installation, for example temperature and humidity  
1356 conditions, differ from those defined in 7.1.

### 1357 **8 Constructional requirements**

#### 1358 **8.1 Strength of materials and parts**

##### 1359 **8.1.1 General**

1360 ASSEMBLIES shall be constructed of materials capable of withstanding the mechanical,  
1361 electrical, thermal and environmental stresses that are likely to be encountered in specified  
1362 service conditions.

1363 The external shape of the ASSEMBLY enclosure can vary to suit the application and use, some  
1364 examples have been defined in 3.3. These enclosures may also be constructed from various  
1365 materials e.g. insulating, metallic or a combination of these.

##### 1366 **8.1.2 Protection against corrosion**

1367 Protection against corrosion shall be ensured by the use of suitable materials or by  
1368 protective coatings to the exposed surface, taking account of the normal service conditions  
1369 (see 7.1). Compliance to this requirement is checked by the test of 10.2.2.

1370 **8.1.3 Thermal stability**

1371 For enclosures or parts of enclosures made of insulating materials, thermal stability shall be  
1372 verified according to 10.2.3.1.

1373 **8.1.4 Resistance to ultra-violet radiation**

1374 For enclosures and external parts made of insulating materials which are intended to be used  
1375 outdoor, resistance to ultra-violet radiation shall be verified according to 10.2.4.

1376 **8.1.5 Resistance of insulating materials to heat and fire**

1377 **8.1.5.1 General**

1378 Parts of insulating materials which might be exposed to thermal stresses due to internal  
1379 electrical effects, and the deterioration of which might impair the safety of the ASSEMBLY, shall  
1380 not be adversely affected by normal (operational) heat, abnormal heat or fire..

1381 If an identical material having representative cross-sections as the parts has already satisfied  
1382 the requirements of 8.1.5.2 and/or 8.1.5.3. then those respective tests need not be repeated.  
1383 It is the same for all parts which have been previously tested according to their own  
1384 specifications.

1385 **8.1.5.2 Verification of resistance of insulating materials to heat**

1386 The original manufacturer shall demonstrate compliance either by reference to the insulation  
1387 temperature index (determined for example by the methods of IEC 60216) or by compliance  
1388 with IEC 60085.

1389 **8.1.5.3 Resistance of insulating materials to abnormal heat and fire due to internal  
1390 electric effects**

1391 Insulating materials used for parts necessary to retain current carrying parts in position and  
1392 parts which might be exposed to thermal stresses due to internal electrical effects, and the  
1393 deterioration of which might impair the safety of the ASSEMBLY, shall not be adversely affected  
1394 by abnormal heat and fire and shall be verified by the glow-wire test in 10.2.3.2. For the  
1395 purpose of this test, a protective conductor (PE) is not considered as a current-carrying part.

1396 For small parts (having surface dimensions not exceeding 14 mm x 14 mm), an alternative  
1397 test may be used (e.g. needle flame test, according to IEC 60695-11-5). The same procedure  
1398 may be applicable for other practical reasons where the metal material of a part is large  
1399 compared to the insulating material.

1400 The original manufacturer may provide data on the suitability of materials from the insulating  
1401 material supplier to demonstrate compliance with these requirements.

1402 **8.1.6 Mechanical strength**

1403 All enclosures or partitions including locking means and hinges for doors shall be of a  
1404 mechanical strength sufficient to withstand the stresses to which they may be subjected in  
1405 normal service, and during short-circuit conditions (see also 10.13).

1406 The mechanical operation of removable parts, including any insertion interlock, shall be  
1407 verified by test according to 10.13.

1408 **8.1.7 Lifting provision**

1409 Where required, ASSEMBLIES shall be provided with the appropriate provision for lifting.  
1410 Compliance is checked according to the test of 10.2.5.

1411 **8.2 Degree of protection provided by an ASSEMBLY enclosure**

1412 **8.2.1 Protection against mechanical impact**

1413 The degree of protection provided by an ASSEMBLY enclosure against mechanical impact, if  
1414 necessary, shall be defined by the relevant ASSEMBLY standards and verified in accordance  
1415 with IEC 62262 (see 10.2.6).

1416 **8.2.2 Protection against contact with live parts, ingress of solid foreign bodies and**  
1417 **water**

1418 The degree of protection provided by any ASSEMBLY against contact with live parts, ingress of  
1419 solid foreign bodies and water is indicated by the IP code according to IEC 60529 and verified  
1420 according to 10.3

1421 NOTE 1 In the United States of America (USA), Canada and in Mexico enclosure "type" designations are used to  
1422 specify "the degree of protection" provided to the ASSEMBLY. For applications in the USA, the appropriate enclosure  
1423 type designation should be used as specified in NEMA 250. For applications in Canada, the appropriate enclosure  
1424 type designation should be used as specified in CSA standard C22.2 No. 94.1 and 94.2. For applications in Mexico,  
1425 the appropriate enclosure Type designation should be used as specified in NMX-J-235/1-ANCE y NMX-J-235/2-  
1426 ANCE

1427 The degree of protection of an enclosed ASSEMBLY shall be at least IP 2X, after installation in  
1428 accordance with the ASSEMBLY manufacturer's instructions. The degree of protection provided  
1429 from the front of a dead front ASSEMBLY shall be at least IP XXB.

1430 For fixed ASSEMBLIES not subject to tilting in normal service IP X2 is not applicable.

1431 For ASSEMBLIES for outdoor use having no supplementary protection, the second  
1432 characteristic numeral shall be at least 3.

1433 NOTE 2 For outdoor installation, supplementary protection may be protective roofing or the like.

1434 Unless otherwise specified, the degree of protection indicated by the ASSEMBLY manufacturer  
1435 applies to the complete ASSEMBLY when installed in accordance with the ASSEMBLY  
1436 manufacturer's instructions, for example sealing of the open mounting surface of an  
1437 ASSEMBLY, etc.

1438 Where the ASSEMBLY does not have the same IP rating throughout, the ASSEMBLY  
1439 manufacturer shall declare the IP rating for the separate parts.

1440 Different IP ratings shall not impair the intended use of the ASSEMBLY

1441 NOTE 3 Examples include:

- 1442 • Operating face IP 20, other parts IP 00.  
1443 • Drain holes in the base IP XXD, other parts IP 43

1444 No IP codes can be given unless the appropriate verifications have been made according to  
1445 10.3.

1446 Enclosed ASSEMBLIES, for outdoor and indoor installation, intended for use in locations with  
1447 high humidity and temperatures varying within wide limits, shall be provided with suitable  
1448 arrangements (ventilation and/or internal heating, drain holes, etc.) to prevent harmful  
1449 condensation within the ASSEMBLY. However, the specified degree of protection shall at the  
1450 same time be maintained.

1451 **8.2.3 ASSEMBLY with removable parts**

1452 The degree of protection indicated for ASSEMBLIES normally applies to the connected position  
1453 (see 3.2.3) of removable parts.

1454 If, after the removal of a removable part, it is not possible to maintain the original degree of  
1455 protection e.g. by closing a door, an agreement shall be reached between the ASSEMBLY  
1456 manufacturer and the user as to what measures shall be taken to ensure adequate protection.  
1457 Information provided by the ASSEMBLY manufacturer may take the place of such an agreement.

1458 When shutters are used to provide adequate protection to live parts they shall be secured to  
1459 prevent unintentional removal.

1460 **8.3 Clearances and creepage distances**

1461 **8.3.1 General**

1462 The requirements for clearances and creepage distances are based on the principles of  
1463 IEC 60664-1 and are intended to provide insulation co-ordination within the installation.

- 1464 The clearances and creepage distances of equipment that form part of the ASSEMBLY shall  
1465 comply with the requirements of the relevant product standard.
- 1466 When incorporating equipment into the ASSEMBLY, the specified clearances and creepage  
1467 distances shall be maintained during normal service conditions.
- 1468 For dimensioning clearances and creepage distances between separate circuits, the highest  
1469 voltage ratings shall be used (rated impulse withstand voltage for clearances and rated  
1470 insulation voltage for creepage distances).
- 1471 The clearances and creepage distances apply to phase to phase, phase to neutral, and  
1472 except where a conductor is connected directly to earth, phase to earth and neutral to earth.
- 1473 For bare live conductors and terminations (e.g. busbars, connections between equipment and  
1474 cable lugs), the clearances and creepage distances shall at least be equivalent to those  
1475 specified for the equipment with which they are directly associated.
- 1476 The effect of a short-circuit up to and including the declared rating(s) of the ASSEMBLY shall  
1477 not reduce permanently the clearances or creepage distances between busbars and/or  
1478 connections, below the values specified for the ASSEMBLY. Deformation of parts of the  
1479 enclosure or of the internal partitions, barriers and obstacles due to a short-circuit shall not  
1480 reduce permanently the clearances or creepage distances below those specified in 8.3.2 and  
1481 8.3.3 (see also 10.11.5.5).
- 1482 **8.3.2 Clearances**
- 1483 The clearances shall be sufficient to enable the declared rated impulse withstand voltage  
1484 ( $U_{imp}$ ) of a circuit to be achieved. The clearances shall be as specified in Table 1 unless a  
1485 design verification test and routine impulse withstand voltage test is carried out in accordance  
1486 with 10.9.3 and 11.3, respectively.
- 1487 The method of verifying clearances by measurement is given in Annex F.
- 1488 NOTE In the United States of America (USA) and Mexico National Electrical Codes, are used to specify minimum  
1489 clearances. In the USA National Electric Code NFPA 70, Article 408.36 is applicable. In Mexico NOM-001-SEDE is  
1490 applicable. For these applications, it is recommended that clearances be selected using Annex L, Table L.1 of this  
1491 standard. For applications in Canada minimum electrical clearances are specified in the Canadian Electrical Code,  
1492 Part 2 Product Safety Standards.
- 1493 **8.3.3 Creepage distances**
- 1494 The original manufacturer shall select a rated insulation voltage(s) ( $U_i$ ) for the circuits of the  
1495 ASSEMBLY from which the creepage distance(s) shall be determined. For any given circuit the  
1496 rated insulation voltage shall not be less than the rated operational voltage ( $U_e$ ).
- 1497 The creepage distances shall not, in any case, be less than the associated minimum  
1498 clearances.
- 1499 Creepage distances shall correspond to a pollution degree as specified in 7.1.3 and to the  
1500 corresponding material group at the rated insulation voltage given in Table 2.
- 1501 The method of verifying creepage distances by measurement is given in Annex F.
- 1502 NOTE 1 For inorganic insulating materials, e.g. glass or ceramics, which do not track, creepage distances need  
1503 not be greater than their associated clearances. However, the risk of disruptive discharge should be considered.
- 1504 NOTE 2 In the United States of America (USA) and Mexico National Electrical Codes are used to specify  
1505 minimum creepage distances. In the USA National Electric Code NFPA 70, Article 408.36 is applicable. In Mexico  
1506 NOM-001-SEDE is applicable. For these applications, it is recommended that creepage distances be selected  
1507 using Annex L, Table L.2 of this standard. For applications in Canada minimum creepage distances are specified in  
1508 the Canadian Electrical Code, Part 2 Product Safety Standards.
- 1509 By using ribs of a minimum height of 2 mm the creepage distance may be reduced but,  
1510 irrespective of the number of ribs, shall be not less than 0,8 of the value of Table 2 and not  
1511 less than the associated minimum clearance. The minimum base of the rib is determined by  
1512 mechanical requirements (see Clause F.2).

1513 **8.4 Protection against electric shock**

1514 **8.4.1 General**

1515 The apparatus and circuits in the ASSEMBLY shall be so arranged as to facilitate their operation  
1516 and maintenance, and at the same time to ensure the necessary degree of safety.

1517 The following requirements are intended to ensure that the required protective measures are  
1518 obtained when an ASSEMBLY is installed in an electrical system conforming to the IEC 60364  
1519 series.

1520 NOTE For generally accepted protective measures refer to IEC 61140 and IEC 60364-4-41.

1521 Those protective measures, which are of particular importance for an ASSEMBLY, are  
1522 reproduced in 8.4.2 to 8.4.5.

1523 **8.4.2 Basic protection**

1524 **8.4.2.1 General**

1525 Basic protection is intended to prevent direct contact with hazardous live parts.

1526 Basic protection can be achieved either by appropriate constructional measures on the  
1527 ASSEMBLY itself or by additional measures to be taken during installation; this may require  
1528 information to be given by the ASSEMBLY manufacturer.

1529 An example of additional measures to be taken is the installation of an open-type ASSEMBLY  
1530 without further provisions in a location where access is only permitted for authorized  
1531 personnel.

1532 Where basic protection is achieved by constructional measures one or more of the protective  
1533 measures given in 8.4.2.2 and 8.4.2.3 may be selected. The choice of the protective measure  
1534 shall be declared by the ASSEMBLY manufacturer if not specified within the relevant ASSEMBLY  
1535 standard.

1536 **8.4.2.2 Basic insulation provided by insulating material**

1537 Hazardous live parts shall be completely covered with insulation that can only be removed by  
1538 destruction or by the use of a tool.

1539 The insulation shall be made of suitable materials capable of durably withstanding the  
1540 mechanical, electrical and thermal stresses to which the insulation may be subjected in  
1541 service.

1542 NOTE Examples are electrical components embedded in insulation and insulated conductors.

1543 Paints, varnishes and lacquers alone are not considered to satisfy the requirements for basic  
1544 insulation.

1545 **8.4.2.3 Barriers or enclosures**

1546 Air insulated live parts shall be inside enclosures or behind barriers providing at least a  
1547 degree of protection of IP XXB.

1548 Horizontal top surfaces of accessible enclosures having a height equal to or lower than 1,6 m  
1549 above the standing area, shall provide a degree of protection of at least IP XXD.

1550 Barriers and enclosures shall be firmly secured in place and have sufficient stability and  
1551 durability to maintain the required degrees of protection and appropriate separation from live  
1552 parts under normal service conditions, taking account of relevant external influences. The  
1553 distance between a conductive barrier or enclosure and the live parts they protect shall not be  
1554 less than the values specified for the clearances and creepage distances in 8.3.

1555 Where it is necessary to remove barriers or open enclosures or to remove parts of enclosures,  
1556 this shall be possible only if one of the conditions a) to c) is fulfilled:

1557 a) By the use of a key or tool, i.e. any mechanical aid, to open the door, cover or override an  
1558 interlock.

1559 b) After isolation of the supply to live parts, against which the barriers or enclosures afford  
1560 basic protection, restoration of the supply being possible only after replacement or  
1561 reclosure of the barriers or enclosures. In TN-C systems, the PEN conductor shall not be  
1562 isolated or switched. In TN-S systems and TN-C-S systems the neutral conductors need  
1563 not be isolated or switched (see IEC 60364-5-53, 536.1.2).

1564 Example: By interlocking the door(s) with a disconnecter so that they can only be opened  
1565 when the disconnecter is open, and closing of the disconnecter without the use  
1566 of a tool is impossible while the door is open.

1567 c) Where an intermediate barrier providing a degree of protection of at least IP XXB prevents  
1568 contact with live parts, such a barrier being removable only by the use of a key or tool.

#### 1569 **8.4.3 Fault protection**

##### 1570 **8.4.3.1 Installation conditions**

1571 The ASSEMBLY shall include protective measures and be suitable for installations designed to  
1572 be in accordance with IEC 60364-4-41. Protective measures suitable for particular  
1573 installations (e.g. railways, ships) shall be subject to agreement between the ASSEMBLY  
1574 manufacturer and the user.

1575 When a TT earthing system is being used in the electrical network one of the following measures  
1576 shall be applied in the ASSEMBLY:

- 1577 a) Double or reinforced insulation of the incoming connections, or
- 1578 b) Residual current device (RCD) protection on the incoming circuit

1579 Such provisions are subject to agreement between user and manufacturer.

##### 1580 **8.4.3.2 Protection by automatic disconnection of the supply**

###### 1581 **8.4.3.2.1 General**

1582 Each ASSEMBLY shall have a protective conductor to facilitate automatic disconnection of the  
1583 supply for:

- 1584 a) protection against the consequences of faults (e.g. failure of basic insulation)  
1585 within the ASSEMBLY;
- 1586 b) protection against the consequences of faults (e.g. failure of basic insulation) in  
1587 external circuits supplied through the ASSEMBLY.

1588 The requirements to be complied with are given in the following subclauses.

1589 Requirements for identification of the protective conductor (PE, PEN) are given in 8.6.6.

###### 1590 **8.4.3.2.2 Requirements for earth continuity providing protection against the** 1591 **consequences of faults within the ASSEMBLY**

1592 All exposed conductive parts of the ASSEMBLY shall be interconnected together and to the  
1593 protective conductor of the supply or via an earthing conductor to the earthing arrangement.

1594 These interconnections may be achieved either by metal screwed connections, welding or  
1595 other conductive connections or by a separate protective conductor.

1596 NOTE With metal parts of the ASSEMBLY where abrasion resistant finishes are used, e.g. gland plates with  
1597 powder coatings, connection for protective earthing requires removal or penetration of the coating.

1598 The method to verify the earth continuity between the exposed conductive parts of the  
1599 ASSEMBLY and the protective circuit is given in 10.5.2.

1600 For the continuity of these connections the following shall apply:

- 1601 a) When a part of the ASSEMBLY is removed, for example for routine maintenance, the  
1602 protective circuits (earth continuity) for the remainder of the ASSEMBLY shall not be  
1603 interrupted.

1604 Means used for assembling the various metal parts of an ASSEMBLY are considered  
1605 sufficient for ensuring continuity of the protective circuits if the precautions taken  
1606 guarantee permanent good conductivity.

1607 Flexible or pliable metal conduits shall not be used as protective conductors unless they are  
1608 designed for that purpose.

1609 b) For lids, doors, cover plates and the like, the usual metal screwed connections and metal  
1610 hinges are considered sufficient to ensure continuity provided that no electrical equipment  
1611 exceeding the limits of extra low voltage (ELV) is attached to them.

1612 If apparatus with a voltage exceeding the limits of extra-low voltage are attached to lids,  
1613 doors, or cover plates additional measures shall be taken to ensure earth continuity. These  
1614 parts shall be fitted with a protective conductor (PE) whose cross-sectional area is in  
1615 accordance with Table 3 depending on the highest rated operational current  $I_e$  of the  
1616 apparatus attached or, if the rated operational current of the attached apparatus is less than  
1617 or equal to 16 A, an equivalent electrical connection especially designed and verified for this  
1618 purpose (sliding contact, hinges protected against corrosion).

1619 Exposed conductive parts of a device that cannot be connected to the protective circuit by the  
1620 fixing means of the device shall be connected to the protective circuit of the ASSEMBLY by a  
1621 conductor whose cross-sectional area is chosen according to Table 3.

1622 Certain exposed conductive parts of an ASSEMBLY that do not constitute a danger

1623 – either because they cannot be touched on large surfaces or grasped with the hand,

1624 – or because they are of small size (approximately 50 mm by 50 mm) or so located as to  
1625 exclude any contact with live parts,

1626 need not be connected to a protective conductor. This applies to screws, rivets and  
1627 nameplates. It also applies to electromagnets of contactors or relays, magnetic cores of  
1628 transformers, certain parts of releases, or similar, irrespective of their size.

1629 When removable parts are equipped with a metal supporting surface, these surfaces shall be  
1630 considered sufficient for ensuring earth continuity of protective circuits provided that the  
1631 pressure exerted on them is sufficiently high.

1632 **8.4.3.2.3 Requirements for protective conductors providing protection against the**  
1633 **consequences of faults in external circuits supplied through the ASSEMBLY**

1634 A protective conductor within the ASSEMBLY shall be so designed that it is capable of  
1635 withstanding the highest thermal and dynamic stresses arising from faults in external circuits  
1636 at the place of installation that are supplied through the ASSEMBLY. Conductive structural parts  
1637 may be used as a protective conductor or a part of it.

1638 Except where verification of the short-circuit withstand strength is not required in accordance  
1639 with 10.11.2, verification shall be made in accordance with 10.5.3.

1640 In principle, with the exception of the cases mentioned below, protective conductors within an  
1641 ASSEMBLY shall not include a disconnecting device (switch, disconnecter, etc.):

1642 In the run of protective conductors links shall be permitted which are removable by means of  
1643 a tool and accessible only to authorized personnel (these links may be required for certain  
1644 tests).

1645 Where continuity can be interrupted by means of connectors or plug-and-socket devices, the  
1646 protective circuit shall be interrupted only after the live conductors have been interrupted and  
1647 continuity shall be established before the live conductors are reconnected.

1648 In the case of an ASSEMBLY containing structural parts, frameworks, enclosures, etc., made of  
1649 conducting material, a protective conductor, if provided, need not be insulated from these  
1650 parts. Conductors to voltage-operated fault detection devices including the conductors  
1651 connecting them to a separate earth electrode shall be insulated when specified by their  
1652 manufacturer. This can also apply to the earth connection of the transformer neutral.

1653 The cross-sectional area of protective conductors (PE, PEN) in an ASSEMBLY to which  
1654 external conductors are intended to be connected shall be not less than the value calculated  
1655 with the aid of the formula indicated in Annex B using the highest fault current and fault  
1656 duration that may occur and taking into account the limitation of the short-circuit protective  
1657 devices (SCPDs) that protect the corresponding live conductors. The short-circuit withstand  
1658 strength is verified according to 10.5.3.

1659 For PEN conductors, the following additional requirements apply:

- 1660 – the minimum cross-sectional area shall be 10 mm<sup>2</sup> copper or 16 mm<sup>2</sup> aluminium;
- 1661 – the PEN conductor shall have a cross-sectional area not less than that required for a  
1662 neutral conductor (see 8.6.1);
- 1663 – the PEN conductors need not be insulated within an ASSEMBLY;
- 1664 – structural parts shall not be used as a PEN conductor. However, mounting rails made of  
1665 copper or aluminium may be used as PEN conductors;

1666 For details of requirements for terminals for external protective conductors, see 8.8.

#### 1667 8.4.3.3 Electrical separation

1668 Electrical separation of individual circuits is intended to prevent electrical shock through  
1669 contact with exposed-conductive-parts, which may be energized by a fault in basic insulation  
1670 of the circuit.

1671 For this type of protection, see Annex K.

#### 1672 8.4.4 Protection by total insulation

1673 NOTE According to 413.2.1.1 of IEC 60364-4-41, "total insulation" is equivalent to Class II equipment.

1674 For basic and fault protection, by total insulation, the following requirements shall be met.

- 1675 a) The apparatus shall be completely enclosed in insulating material which is equivalent of  
1676 double or reinforced insulation. The enclosure shall carry the symbol  which shall be  
1677 visible from the outside.
- 1678 b) The enclosure shall at no point be pierced by conducting parts in such a manner that  
1679 there is the possibility of a fault voltage being brought out of the enclosure.

1680 This means that metal parts, such as actuator shafts which for constructional reasons  
1681 have to be brought through the enclosure, shall be insulated on the inside or the outside  
1682 of the enclosure from the live parts for the maximum rated insulation voltage and the  
1683 maximum rated impulse withstand voltage of all circuits in the ASSEMBLY.

1684 If an actuator is made of metal (whether covered by insulating material or not), it shall be  
1685 provided with insulation rated for the maximum rated insulation voltage and the maximum  
1686 impulse withstand voltage of all circuits in the ASSEMBLY.

1687 If an actuator is principally made of insulating material, any of its metal parts which may  
1688 become accessible in the event of insulation failure shall also be insulated from live parts  
1689 for the maximum rated insulation voltage and the maximum rated impulse withstand  
1690 voltage of all circuits in the ASSEMBLY.

- 1691 c) The enclosure, when the ASSEMBLY is ready for operation and connected to the supply,  
1692 shall enclose all live parts, exposed conductive parts and parts belonging to a protective  
1693 circuit in such a manner that they cannot be touched. The enclosure shall give at least  
1694 the degree of protection IP 2XC (see IEC 60529).

1695 If a protective conductor, which is extended to electrical equipment connected to the load  
1696 side of the ASSEMBLY, is to be passed through an ASSEMBLY whose exposed conductive  
1697 parts are insulated, the necessary terminals for connecting the external protective  
1698 conductors shall be provided and identified by suitable marking.

1699 Inside the enclosure, the protective conductor and its terminal shall be insulated from the  
1700 live parts and the exposed conductive parts in the same way as the live parts are  
1701 insulated.

- 1702 d) Exposed conductive parts within the ASSEMBLY shall not be connected to the protective  
1703 circuit, i.e. they shall not be included in a protective measure involving the use of a  
1704 protective circuit. This applies also to built-in apparatus, even if they have a connecting  
1705 terminal for a protective conductor.
- 1706 e) If doors or covers of the enclosure can be opened without the use of a key or tool, a  
1707 barrier of insulating material shall be provided that will afford protection against  
1708 unintentional contact not only with the accessible live parts, but also with the exposed  
1709 conductive parts that are only accessible after the cover has been opened; this barrier,  
1710 however, shall not be removable except with the use of a tool.

#### 1711 **8.4.5 Limitation of steady-state touch current and charge**

1712 If the ASSEMBLY contains items of equipment that may have steady-state touch current and  
1713 charges after they have been switched off (capacitors, etc.) a warning plate is required.

1714 Small capacitors such as those used for arc extinction, for delaying the response of relays,  
1715 etc., shall not be considered dangerous.

1716 NOTE Unintentional contact is not considered dangerous if the voltages resulting from static charges fall below a  
1717 d.c. voltage of 60 V in less than 5 s after disconnection from the power supply.

#### 1718 **8.4.6 Operating and servicing conditions**

##### 1719 **8.4.6.1 Devices to be operated or components to be replaced by ordinary persons**

1720 Protection against any contact with live parts shall be maintained when operating devices or  
1721 when replacing components.

1722 The minimum level of protection shall be IP XXC. During the replacement of certain lamps or  
1723 fuselinks openings larger than those defined by degree of protection IP XXC are allowed.

1724 .

##### 1725 **8.4.6.2 Requirements related to accessibility in service by authorized persons**

###### 1726 **8.4.6.2.1 General**

1727 For accessibility in service by authorized persons, one or more of the following  
1728 requirements in 8.4.5.2.2 to 8.4.5.2.4 shall be fulfilled subject to agreement between the  
1729 ASSEMBLY manufacturer and the user. These requirements shall be complementary to the  
1730 basic protection specified in 8.4.2.

1731 If doors or covers of the ASSEMBLY can be opened by authorized persons by overriding an  
1732 interlock to obtain access to live parts, then the interlock shall automatically be restored on  
1733 reclosing the door(s) or replacing the cover(s).

###### 1734 **8.4.6.2.2 Requirements related to accessibility for inspection and similar operations**

1735 The ASSEMBLY shall be constructed in such a way that certain operations, according to  
1736 agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user, can be performed when the  
1737 ASSEMBLY is in service and under voltage.

1738 Such operations may consist of:

- 1739 – visual inspection of
- 1740 • switching devices and other apparatus,
  - 1741 • settings and indicators of relays and releases,
  - 1742 • conductor connections and marking;
- 1743 – adjusting and resetting of relays, releases and electronic devices;
- 1744 – replacement of fuse-links;
- 1745 – replacement of indicating lamps;
- 1746 – certain fault location operations, for example voltage and current measuring with suitably  
1747 designed and insulated devices.

1748 **8.4.6.2.3 Requirements related to accessibility for maintenance**

1749 To enable maintenance as agreed upon between the ASSEMBLY manufacturer and the user  
1750 on an isolated functional unit or isolated group of functional units in the ASSEMBLY, with  
1751 adjacent functional units or groups still under voltage, necessary measures shall be taken.  
1752 The choice depends on such factors as service conditions, frequency of maintenance,  
1753 competence of the authorized person, as well as local installation rules. Such measures  
1754 may include:

- 1755 – sufficient space between the actual functional unit or group and adjacent functional units  
1756 or groups. It is recommended that parts likely to be removed for maintenance have, as far  
1757 as possible, retainable fastening means;
- 1758 – use of barriers or obstacles designed and arranged to protect against direct contact with  
1759 equipment in adjacent functional units or groups;
- 1760 – use of terminal shields;
- 1761 – use of compartments for each functional unit or group;
- 1762 – insertion of additional protective means provided or specified by the ASSEMBLY  
1763 manufacturer.

1764 **8.4.6.2.4 Requirements related to accessibility for extension under voltage**

1765 When it is required to enable future extension of an ASSEMBLY with additional functional units  
1766 or groups, with the rest of the ASSEMBLY still under voltage, the requirements specified in  
1767 8.4.5.2.3 shall apply, subject to agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user.  
1768 These requirements also apply for the insertion and connection of additional outgoing cables  
1769 when the existing cables are under voltage.

1770 The extension of busbars and connection of additional units to their incoming supply shall not  
1771 be made under voltage, unless the ASSEMBLY is designed for this purpose.

1772 **8.4.6.2.5 Obstacles**

1773 Obstacles shall prevent either:

- 1774 – unintentional bodily approach to live parts, or
- 1775 – unintentional contact with live parts during the operation of live equipment in normal  
1776 service.

1777 Obstacles may be removed without using a key or tool but shall be so secured as to prevent  
1778 unintentional removal. The distance between a conductive obstacle and the live parts they  
1779 protect shall not be less than the values specified for the clearances and creepage distances  
1780 in 8.3.

1781 Where a conductive obstacle is separated from hazardous live parts by basic protection only,  
1782 it is an exposed conductive part, and measures for fault protection shall also be applied.

1783 **8.5 Incorporation of switching devices and components**

1784 **8.5.1 Fixed parts**

1785 For fixed parts (see 3.2.1), the connections of the main circuits (see 3.1.3) shall only be  
1786 connected or disconnected when the ASSEMBLY is not under voltage. In general, removal and  
1787 installation of fixed parts requires the use of a tool.

1788 The disconnection of a fixed part shall require the isolation of the complete ASSEMBLY or  
1789 part of it.

1790 In order to prevent unauthorized operation, the switching device may be provided with means  
1791 to secure it in one or more of its positions.

1792 NOTE Where working on live circuits is permitted, relevant safety precautions may be necessary.

1793 **8.5.2 Removable parts**

1794 The removable parts shall be so constructed that their electrical equipment can be safely  
1795 removed from or connected to the main circuit whilst this circuit is live. The removable parts  
1796 may be provided with an insertion interlock (see 3.2.5).

1797 Clearances and creepage distances (see 8.3) shall be complied with during transfer from one  
1798 position to another.

1799 Removable parts shall be fitted with a device, which ensures that it can only be removed and  
1800 inserted after its main circuit has been interrupted.

1801 In order to prevent unauthorized operation, the removable parts or their associated ASSEMBLY  
1802 location may be provided with a lockable means to secure them in one or more of their  
1803 positions.

1804 **8.5.3 Selection of switching devices and components**

1805 Switching devices and components incorporated in ASSEMBLIES shall comply with the relevant  
1806 IEC standards.

1807 The switching devices and components shall be suitable for the particular application with  
1808 respect to the external design of the ASSEMBLY (e.g. open type or enclosed), their rated  
1809 voltages, rated currents, rated frequency, service life, making and breaking capacities, short-  
1810 circuit withstand strength, etc.

1811 The rated insulation voltage, and rated impulse withstand voltage of the devices installed in  
1812 the circuit shall be equal or higher than the corresponding value assigned to that circuit. In  
1813 some cases overvoltage protection may be necessary e.g. for equipment fulfilling overvoltage  
1814 category 2 (see 3.6.11).The switching devices and components having a short-circuit  
1815 withstand strength and/or a breaking capacity which is insufficient to withstand the stresses  
1816 likely to occur at the place of installation, shall be protected by means of current-limiting  
1817 protective devices, for example fuses or circuit-breakers. When selecting current-limiting  
1818 protective devices for built-in switching devices, account shall be taken of the maximum  
1819 permissible values specified by the device manufacturer, having due regard to co-ordination  
1820 (see 9.3.4).

1821 Co-ordination of switching devices and components, for example co-ordination of motor  
1822 starters with short-circuit protective devices, shall comply with the relevant IEC standards.

1823 NOTE Guidance is given in IEC/TR 61912-1 and IEC/TR 61912-2.

1824 **8.5.4 Installation of switching devices and components**

1825 Switching devices and components shall be installed and wired in the ASSEMBLY in  
1826 accordance with instructions provided by their manufacturer and in such a manner that their  
1827 proper functioning is not impaired by interaction, such as heat, switching emissions,  
1828 vibrations, electromagnetic fields, which are present in normal operation. In the case of  
1829 electronic assemblies, this may necessitate the separation or screening of all electronic signal  
1830 processing circuits.

1831 When fuses are installed the original manufacturer shall state the type and rating of the fuse-  
1832 links to be used.

1833 **8.5.5 Accessibility**

1834 Adjusting and resetting devices, which have to be operated inside the ASSEMBLY shall be  
1835 easily accessible.

1836 Functional units mounted on the same support (mounting plate, mounting frame) and their  
1837 terminals for external conductors shall be so arranged as to be accessible for mounting,  
1838 wiring, maintenance and replacement.

1839 Unless otherwise agreed between the ASSEMBLY manufacturer and the user the following  
1840 accessibility requirements associated with floor-mounted ASSEMBLIES shall apply:

- 1841 – The terminals, excluding terminals for protective conductors, shall be situated at least  
1842 0,2 m above the base of the ASSEMBLIES and, moreover, be so placed that the cables  
1843 can be easily connected to them.
- 1844 – Indicating instruments that need to be read by the operator shall be located within a  
1845 zone between 0,2 m and 2,2 m above the base of the ASSEMBLY.
- 1846 – Operating devices such as handles, push buttons, or similar shall be located at such a  
1847 height that they can easily be operated; this means that their centreline shall be  
1848 located within a zone between 0,2 m and 2 m above the base of the ASSEMBLY.  
1849 Devices which are infrequently operated, e.g less than once per month, may be  
1850 installed at a height up to 2,2 m
- 1851 – Actuators for emergency switching devices (see 536.4.2 of IEC 60364-5-53) shall be  
1852 accessible within a zone between 0,8 m and 1,6 m above the base of the ASSEMBLY

#### 1853 **8.5.6 Barriers**

1854 Barriers for manual switching devices shall be so designed that the switching emissions do  
1855 not present a danger to the operator.

1856 To minimize danger when replacing fuse-links, interphase barriers shall be applied, unless the  
1857 design and location of the fuses makes this unnecessary.

#### 1858 **8.5.7 Direction of operation and indication of switching positions**

1859 The operational positions of components and devices shall be clearly identified. If the  
1860 direction of operation is not in accordance with IEC 60447, then the direction of operation  
1861 shall be clearly identified.

#### 1862 **8.5.8 Indicator lights and push-buttons**

1863 Unless otherwise specified in the relevant product standard the colours of indicator lights and  
1864 push-buttons shall be in accordance with IEC 60073.

### 1865 **8.6 Internal electrical circuits and connections**

#### 1866 **8.6.1 Main circuits**

1867 The busbars (bare or insulated) shall be arranged in such a manner that an internal short-  
1868 circuit is not to be expected. They shall be rated at least in accordance with the information  
1869 concerning the short-circuit withstand strength (see 9.3) and designed to withstand at least  
1870 the short-circuit stresses limited by the protective device(s) on the supply side of the busbars.

1871 Within one section, the conductors (including distribution busbars) between the main busbars  
1872 and the supply side of functional units as well as the components included in these units may  
1873 be rated on the basis of the reduced short-circuit stresses occurring on the load side of the  
1874 respective short-circuit protective device within each unit, provided that these conductors are  
1875 arranged so that under normal operation an internal short-circuit between phases and/or  
1876 between phases and earth is not to be expected (see 8.6.4).

1877 Unless otherwise agreed between the ASSEMBLY manufacturer and the user, the minimum  
1878 cross-sectional area of the neutral within a three phase and neutral circuit shall be:

- 1879 • For circuits with a phase conductor cross-sectional area up to and including 16 mm<sup>2</sup>,  
1880 100 % of that of the corresponding phases.
- 1881 • For circuits with a phase conductor cross-sectional area above 16 mm<sup>2</sup>, 50 % of that of the  
1882 corresponding phases with a minimum of 16 mm<sup>2</sup>.

1883 It is assumed that the neutral currents do not exceed 50 % of the phase currents.

1884 NOTE For certain applications which lead to high values of zero sequence harmonics (i.e. 3<sup>rd</sup> order harmonics,  
1885 typically due to electronic power supplies, frequency converters, fluorescent lamps) higher cross-sections of the N  
1886 conductor might be required as these harmonics of the phases are added in the N conductor and lead to high  
1887 current load at higher frequencies. This is subject to special agreement between the ASSEMBLY manufacturer and  
1888 the user. .

1889 The PEN shall be dimensioned as specified in 8.4.3.2.3.

1890 **8.6.2 Auxiliary circuits**

1891 The design of the auxiliary circuits shall take into account the supply earthing system and  
1892 ensure that an earth-fault or a fault between a live part and an exposed conductive part shall  
1893 not cause unintentional dangerous operation.

1894 In general, auxiliary circuits shall be protected against the effects of short circuits. However, a  
1895 short-circuit protective device shall not be provided if its operation is liable to cause a danger.  
1896 In such a case, the conductors of auxiliary circuits shall be arranged in such a manner that a  
1897 short-circuit is not to be expected (see 8.6.4).

1898 **8.6.3 Bare and insulated conductors**

1899 The connections of current-carrying parts shall not suffer undue alteration as a result of  
1900 normal temperature rise, ageing of the insulating materials and vibrations occurring in normal  
1901 operation. In particular, the effects of thermal expansion and of the electrolytic action in the  
1902 case of dissimilar metals, and the effects of the endurance of the materials to the  
1903 temperatures attained, shall be taken into consideration.

1904 Connections between current-carrying parts shall be established by means that ensure a  
1905 sufficient and durable contact pressure.

1906 If verification of temperature rise is carried out on the basis of tests (see 10.10.2) the  
1907 selection of conductors and their cross-sections used inside the ASSEMBLY shall be the  
1908 responsibility of the original manufacturer. If verification of temperature rise is made following  
1909 the rules of 10.10.3, the conductors shall have a minimum cross-section according to  
1910 IEC 60364-5-52. Examples on how to adapt this standard for conditions inside an ASSEMBLY  
1911 are given in the tables included in Annex H. In addition to the current-carrying capacity of the  
1912 conductors, the selection is governed by:

- 1913 - the mechanical stresses to which the ASSEMBLY may be subjected;
- 1914 - the method used to lay and secure the conductors;
- 1915 - the type of insulation;
- 1916 - the type of components being connected (e.g. switchgear and controlgear in accordance  
1917 with IEC 60947 series; electronic devices or equipment).

1918 In the case of insulated solid or flexible conductors:

- 1919 - They shall be rated for at least the rated insulation voltage (see 5.2.3) of the circuit  
1920 concerned.
- 1921 - Conductors connecting two termination points shall have no intermediate joint, e.g. spliced  
1922 or soldered.
- 1923 - Conductors with only basic insulation shall be prevented from coming into contact with  
1924 bare live parts at different potentials.
- 1925 - Contact of conductors with sharp edges shall be prevented.
- 1926 - Supply conductors to apparatus and measuring instruments in covers or doors shall be so  
1927 installed that no mechanical damage can occur to the conductors as a result of movement  
1928 of these covers or doors.
- 1929 - Soldered connections to apparatus shall be permitted in ASSEMBLIES only in cases where  
1930 provision is made for this type of connection on the apparatus and the specified type of  
1931 conductor is used.
- 1932 - For apparatus other than those mentioned above, soldering cable lugs or soldered ends of  
1933 stranded conductors are not acceptable under conditions of heavy vibration. In locations  
1934 where heavy vibrations exist during normal operation, for example in the case of dredger  
1935 and crane operation, operation on board ships, lifting equipment and locomotives, attention  
1936 should be given to the support of conductors.

1937 - Generally only one conductor should be connected to a terminal; the connection of two or  
1938 more conductors to one terminal is permissible only in those cases where the terminals are  
1939 designed for this purpose.

1940 The dimensioning of solid insulation between separate circuits shall be based on the circuit of  
1941 highest rated insulation voltage.

1942 **8.6.4 Selection and installation of non-protected live conductors to reduce the**  
1943 **possibility of short-circuits**

1944 Live conductors in an ASSEMBLY that are not protected by short-circuit protective devices  
1945 (see 8.6.1 and 8.6.2) shall be selected and installed throughout the entire ASSEMBLY in such  
1946 a manner that an internal short-circuit between phases or between phase and earth is a  
1947 remote possibility. Examples of conductor types and installation requirements are given in  
1948 Table 4. Non-protected live conductors selected and installed as in Table 4 shall have a  
1949 total length not exceeding 3 m between the main busbar and each respective SCPD.

1950 **8.6.5 Identification of the conductors of main and auxiliary circuits**

1951 With the exception of the cases mentioned in 8.6.6, the method and the extent of identification  
1952 of conductors, for example by arrangement, colours or symbols, on the terminals to which  
1953 they are connected or on the end(s) of the conductors themselves, is the responsibility of the  
1954 ASSEMBLY manufacturer and shall be in agreement with the indications on the wiring diagrams  
1955 and drawings. Where appropriate, identification according to IEC 60445 and IEC 60446 shall  
1956 be applied.

1957 **8.6.6 Identification of the protective conductor (PE, PEN) and of the neutral**  
1958 **conductor (N) of the main circuits**

1959 The protective conductor shall be readily distinguishable by location and/or marking or colour.  
1960 If identification by colour is used, it shall only be green and yellow (twin-coloured), which is  
1961 strictly reserved for the protective conductor. When the protective conductor is an insulated  
1962 single-core cable, this colour identification shall be used, preferably throughout the whole  
1963 length.

1964 Any neutral conductor of the main circuit should be readily distinguishable by location and/or  
1965 marking or colour (see IEC 60446).

1966 **8.7 Cooling**

1967 ASSEMBLIES can be provided with natural cooling and/or active cooling (e.g. forced cooling,  
1968 internal air conditioning, heat exchanger etc.). If special precautions are required at the place  
1969 of installation to ensure proper cooling, the ASSEMBLY manufacturer shall furnish the  
1970 necessary information (for instance indication of the need for spacing with respect to parts  
1971 that are liable to impede the dissipation of heat or produce heat themselves).

1972 **8.8 Terminals for external conductors**

1973 The ASSEMBLY manufacturer shall indicate whether the terminals are suitable for connection of  
1974 copper or aluminium conductors, or both. The terminals shall be such that the external  
1975 conductors may be connected by a means (screws, connectors, etc.) which ensures that the  
1976 necessary contact pressure corresponding to the current rating and the short-circuit strength  
1977 of the apparatus and the circuit is maintained.

1978 In the absence of a special agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user,  
1979 terminals shall be capable of accommodating copper conductors from the smallest to the  
1980 largest cross-sectional areas corresponding to the appropriate rated current (see Annex A).

1981 Where aluminium conductors are to be terminated, the type, size and termination method of  
1982 the conductors shall be as agreed between the ASSEMBLY manufacturer and the user.

1983 In the case where external conductors for electronic circuits with low level currents and  
1984 voltages (less than 1 A and less than 50 V a.c. or 120 V d.c.) have to be connected to an  
1985 ASSEMBLY, Table A.1 does not apply.

1986 The available wiring space shall permit proper connection of the external conductors of the  
1987 indicated material and, in the case of multicore cables, spreading of the cores.

1988 NOTE 1 In the United States of America (USA) and Mexico National Electrical Codes should be used for  
1989 determining the minimum wire bending space requirements. In the USA NFPA 70, Article 312 is applicable. In  
1990 Mexico NOM-001-SEDE is applicable In Canada, wire space and wire bending space is prescribed in the Canadian  
1991 Electrical Code, Part 2 Standard, C22.2 No. 0.12, Wire Space and Wire Bending Space in Enclosures for  
1992 Equipment Rated 750 V or Less.

1993 The conductors shall not be subjected to stresses, which are likely to reduce their normal life  
1994 expectancy.

1995 Unless otherwise agreed between the ASSEMBLY manufacturer and the user, on three-phase  
1996 and neutral circuits, terminals for the neutral conductor shall allow the connection of copper  
1997 conductors having a minimum cross-sectional area:

1998 – equal to half the cross-sectional area of the phase conductor, with a minimum of 16 mm<sup>2</sup>,  
1999 if the size of the phase conductor exceeds 16 mm<sup>2</sup>;

2000 – equal to the full cross-sectional area of the phase conductor, if the size of the latter is less  
2001 than or equal to 16 mm<sup>2</sup>.

2002 NOTE 2 For conductors other than copper conductors, the above cross-sections should be replaced by cross-  
2003 sections of equivalent conductivity, which may require larger terminals.

2004 NOTE 3 For certain applications which lead to high values of 3rd, 6th or 9th harmonics (i.e. electronic power  
2005 supplies, frequency converters, fluorescent lamps) higher cross-sections of the N conductor might be required as  
2006 these harmonics of the phases are added in the N conductor and lead to high current load at higher frequencies.,  
2007 This is subject to special agreement between the ASSEMBLY manufacturer and the user.

2008 If connecting facilities for incoming and outgoing neutral, protective and PEN conductors are  
2009 provided; they shall be arranged in the vicinity of the associated phase conductor terminals.

2010 Openings in cable entries, cover plates, etc., shall be so designed that, when the cables are  
2011 properly installed, the stated protective measures against contact and degree of protection  
2012 shall be obtained. This implies the selection of means of entry suitable for the application as  
2013 stated by the ASSEMBLY manufacturer.

2014 The terminals for external protective conductors shall be marked according to IEC 60445.  
2015 As an example see graphical symbol  No. 5019 of IEC 60417. This symbol is not required  
2016 where the external protective conductor is intended to be connected to an internal protective  
2017 conductor, which is clearly identified with the colours green and yellow.

2018 The terminals for external protective conductors (PE, PEN) and metal sheathing of connecting  
2019 cables (steel conduit, lead sheath, etc.) shall, where required, be bare and, unless otherwise  
2020 specified, suitable for the connection of copper conductors. A separate terminal of adequate  
2021 size shall be provided for the outgoing protective conductor(s) of each circuit.

2022 Unless otherwise agreed between the ASSEMBLY manufacturer and the user, terminals for  
2023 protective conductors shall allow the connection of copper conductors having a cross-section  
2024 depending on the cross-section of the corresponding phase conductors according to Table 5.

2025 In the case of enclosures and conductors of aluminium or aluminium alloys, particular  
2026 consideration shall be given to the danger of electrolytic corrosion. The connecting means to  
2027 ensure the continuity of the conductive parts with external protective conductors shall have no  
2028 other function.

2029 NOTE 4 Special precautions may be necessary with metal parts of the ASSEMBLY, particularly gland plates, where  
2030 abrasion resistant finishes, for example powder coatings, are used.

2031 Identification of terminals shall comply with IEC 60445 unless otherwise stated.

## 2032 **9 Performance requirements**

### 2033 **9.1 Dielectric properties**

#### 2034 **9.1.1 General**

2035 Each circuit of the ASSEMBLY shall be capable of withstanding:

2036 – temporary overvoltages;

2037 – transient overvoltages.

2038 The ability to withstand temporary overvoltages, and the integrity of solid insulation, is verified  
2039 by the power-frequency withstand voltage and the ability to withstand transient overvoltages is  
2040 verified by the impulse withstand voltage.

#### 2041 **9.1.2 Power-frequency withstand voltage**

2042 The circuits of the ASSEMBLY shall be capable of withstanding the appropriate power-  
2043 frequency withstand voltages given in Tables 8 and 9 (see 10.9.2.1). The rated insulation  
2044 voltage of any circuit of the ASSEMBLY shall be equal to or higher than its maximum  
2045 operational voltage.

#### 2046 **9.1.3 Impulse withstand voltage**

##### 2047 **9.1.3.1 Impulse withstand voltages of main circuits**

2048 Clearances from live parts to exposed conductive parts and between live parts of different  
2049 potential shall be capable of withstanding the test voltage given in Table 10 appropriate to the  
2050 rated impulse withstand voltage.

2051 The rated impulse withstand voltage for a given rated operational voltage shall not be less  
2052 than that corresponding in Annex G to the nominal voltage of the supply system of the circuit  
2053 at the point where the ASSEMBLY is to be used and the appropriate overvoltage category.

##### 2054 **9.1.3.2 Impulse withstand voltages of auxiliary circuits**

2055 Auxiliary circuits that are connected to the main circuit and operate at the rated operational  
2056 voltage without any means for reduction of overvoltage shall comply with the requirements of  
2057 9.1.3.1.

2058 Auxiliary circuits that are not connected to the main circuit may have an overvoltage withstand  
2059 capacity different from that of the main circuit. The clearances of such circuits – a.c. or d.c. –  
2060 shall be capable of withstanding the appropriate impulse withstand voltage in accordance with  
2061 Annex G.

##### 2062 **9.1.4 Protection of surge protective devices**

2063 When overvoltage conditions require surge protective devices (SPD's) to be connected to the  
2064 main circuit, such SPD's shall be protected to prevent uncontrolled short-circuit conditions as  
2065 specified by the SPD manufacturer.

#### 2066 **9.2 Temperature rise limits**

2067 The temperature rise limits given in Table 6 apply for mean ambient air temperatures equal to  
2068 35 °C and shall not be exceeded for ASSEMBLIES when verified in accordance with 10.10.

2069 The temperature rise of an element or part is the difference between the temperature of this  
2070 element or part measured in accordance with 10.10.2.3.3 and the ambient air temperature  
2071 outside the ASSEMBLY. If the mean ambient air temperature is higher than 35 °C, then the  
2072 temperature rise limits have to be adapted for this special service condition, so that the sum  
2073 of the ambient temperature and the temperature rise limits remains the same. If the mean  
2074 ambient air temperature is lower than 35 °C the same adaptation of the temperature rise limits  
2075 is allowed subject to agreement between the user and ASSEMBLY manufacturer.

2076 The temperature rise shall not cause damage to current-carrying parts or adjacent parts of the  
2077 ASSEMBLY. In particular, for insulating materials, the original Manufacturer shall demonstrate  
2078 compliance either by reference to the insulation temperature index (determined for example  
2079 by the methods of IEC 60216) or by compliance with IEC 60085.

2080 NOTE 1 If the temperature rise limits have been changed to cover a different ambient temperature, then the rated  
2081 current of all busbars, functional units etc. may need to be changed accordingly. The original manufacturer should  
2082 state the measures to be taken, if any, to ensure compliance with the temperature limits.. For ambient  
2083 temperatures up to 50 °C this can be done by calculation, assuming that the over temperature of each component  
2084 or device is proportional to the power loss generated in this component. There are devices where the power loss is  
2085 substantially proportional to  $I^2$  and others that have substantially fixed losses.

2086 NOTE 2 In the United States of America (USA) and Mexico National Electrical Codes, are used to specify maximum  
2087 temperature rises. In the USA, NFPA 70, Article 110.14C is applicable. In Mexico NOM-001-SEDE is applicable.

2088 For these applications, temperature rises should be selected using Annex M, Table M.1 of this standard. In  
2089 Canada, maximum temperature rise is prescribed in the Canadian Electrical Code, Part 2, Product Safety  
2090 Standards.

### 2091 **9.3 Short-circuit protection and short-circuit withstand strength**

#### 2092 **9.3.1 General**

2093 ASSEMBLIES shall be capable of withstanding the thermal and dynamic stresses resulting from  
2094 short-circuit currents not exceeding the rated values.

2095 NOTE 1 The short-circuit stresses may be reduced by the use of current-limiting devices e.g. inductance, current-  
2096 limiting fuses or other current-limiting switching devices.

2097 ASSEMBLIES shall be protected against short-circuit currents by means of, for example, circuit-  
2098 breakers, fuses or combinations of both, which may either be incorporated in the ASSEMBLY or  
2099 arranged outside it.

2100 NOTE 2 For ASSEMBLIES intended for use in IT systems (see IEC 60364-5-52), the short-circuit protective  
2101 device should have a sufficient breaking capacity on each single pole at line-to-line voltage to clear a double earth  
2102 fault.

2103 NOTE 3 Unless otherwise specified in the ASSEMBLY manufacturer's operating and maintenance instructions  
2104 ASSEMBLIES that have been subjected to a short circuit may not be suitable for future service without inspection  
2105 and/or maintenance by skilled personnel.

#### 2106 **9.3.2 Information concerning short-circuit withstand strength**

2107 For ASSEMBLIES with a short-circuit protective device (SCPD) incorporated in the incoming  
2108 unit, the ASSEMBLY manufacturer shall indicate the maximum allowable value of prospective  
2109 short-circuit current at the input terminals of the ASSEMBLY. This value shall not exceed the  
2110 appropriate rating(s) (see 5.3.4, 5.3.5 and 5.3.6). The corresponding power factor and peak  
2111 values shall be those shown in 9.3.3.

2112 If a circuit breaker with time-delay release is used as the short-circuit protective device, the  
2113 ASSEMBLY manufacturer shall state the maximum time-delay and the current setting  
2114 corresponding to the indicated prospective short-circuit current.

2115 For ASSEMBLIES where the short-circuit protective device is not incorporated in the incoming  
2116 unit, the ASSEMBLY manufacturer shall indicate the short-circuit withstand strength in one or  
2117 more of the following ways:

2118 a) rated short-time withstand current ( $I_{cw}$ ) together with the associated duration (see 5.3.5)  
2119 and rated peak withstand current ( $I_{pk}$ ) (see 5.3.4);

2120 b) rated conditional short-circuit current ( $I_{cc}$ ) (see 5.3.6).

2121 For times up to a maximum of 3 s, the relationship between the rated short-time current and  
2122 the associated duration is given by the formula  $I^2t = \text{constant}$ , provided that the peak value  
2123 does not exceed the rated peak withstand current.

2124 The ASSEMBLY manufacturer shall indicate the characteristics of the short-circuit protective  
2125 devices necessary for the protection of the ASSEMBLY.

2126 For an ASSEMBLY having several incoming units which are unlikely to be in operation  
2127 simultaneously, the short-circuit withstand strength can be indicated for each of the incoming  
2128 units in accordance with the above.

2129 For an ASSEMBLY having several incoming units which are likely to be in operation  
2130 simultaneously, and for an ASSEMBLY having one incoming unit and one or more outgoing  
2131 high-power units likely to contribute to the short-circuit current, it is necessary to determine  
2132 the values of the prospective short-circuit current in each incoming unit, in each outgoing unit  
2133 and in the busbars based on data provided by the user.

#### 2134 **9.3.3 Relationship between peak current and short-time current**

2135 For determining the electrodynamic stresses, the value of peak current shall be obtained by  
2136 multiplying the r.m.s.value of the short-circuit current by the factor  $n$ . The values for the factor  
2137  $n$  and the corresponding power factor are given in Table 7.

2138 **9.3.4 Co-ordination of protective devices**

2139 The co-ordination of protective devices within the ASSEMBLY with those to be used external to  
2140 the ASSEMBLY shall be the subject of an agreement between the ASSEMBLY manufacturer and  
2141 the user. Information given in the ASSEMBLY manufacturer's catalogue may take the place of  
2142 such an agreement.

2143 If the operating conditions require maximum continuity of supply, the settings or selection of  
2144 the short-circuit protective devices within the ASSEMBLY should, where possible, be so co-  
2145 ordinated that a short circuit occurring in any outgoing circuit is cleared by the switching  
2146 device installed in the circuit without affecting the other outgoing circuits, thus ensuring  
2147 selectivity of the protective system.

2148 Where short-circuit protective devices are connected in series and are intended to operate  
2149 simultaneously to reach the required short-circuit switching capability (i.e. back-up  
2150 protection), the ASSEMBLY Manufacturer shall inform the User (e.g. by a warning label in the  
2151 ASSEMBLY or in the operating instructions, see 6.2) that none of the protective devices are  
2152 allowed to be replaced by another device which is not of identical type and rating , unless the  
2153 device is tested and approved in combination with the back-up device since the switching  
2154 capability of the whole combination may otherwise be compromised.

2155 **9.4 Electromagnetic compatibility (EMC)**

2156 For EMC related performance requirements, see J.9.4 of Annex J.

2157 **10 Design verification**

2158 **10.1 General**

2159 Design verification is intended to verify compliance of the design of an ASSEMBLY or ASSEMBLY  
2160 system with the requirements of this series of standards. The tests shall be performed on a  
2161 representative sample of an ASSEMBLY in a clean and new condition.

2162 Where tests on the ASSEMBLY have been conducted in accordance with the IEC 60439 series,  
2163 and the test results fulfill the requirements of the relevant part of IEC 61439, the verification  
2164 of these requirements need not be repeated.

2165 Repetition of verifications in the product standards of switching devices or components  
2166 incorporated in the ASSEMBLY, which have been selected in accordance with 8.5.3 and  
2167 installed in accordance with the instructions of their manufacturer is not required. Tests on  
2168 individual devices to their respective product standards are not an alternative to the design  
2169 verifications in this standard for the ASSEMBLY.

2170 The various methods include:

2171 - verification testing;

2172 - verification comparison with a tested reference design;

2173 - verification assessment, confirmation of the correct application of calculations and design  
2174 rules, including use of appropriate safety margins.

2175 When there is more than one method for the same verification, they are considered equivalent  
2176 and the selection of the appropriate method is the responsibility of the original manufacturer.  
2177 See Annex D.

2178 The performance of the ASSEMBLY may be affected by the verification tests (e.g. short-circuit  
2179 test). These tests should not be performed on an ASSEMBLY that is intended to be placed in  
2180 service.

2181 An ASSEMBLY which is verified in accordance with this standard by an original manufacturer  
2182 (see 3.10.1) and manufactured or assembled by another does not require the original design  
2183 verifications to be repeated if all the requirements and instructions specified and provided by  
2184 the Original Manufacturer are met in full. Where the ASSEMBLY manufacturer incorporates their

2185 own arrangements not included in the original manufacturer's verification, the ASSEMBLY  
2186 manufacturer is deemed to be the original manufacturer in respect of these arrangements.

2187 Routine verification shall be made on every final ASSEMBLY in accordance with Clause 11.

2188 Design verification shall comprise the following:

2189 1) Construction:

2190 10.2 Strength of materials and parts;

2191 10.3 Degree of protection of enclosures;

2192 10.4 Clearances and creepage distances;

2193 10.5 Protection against electric shock and integrity of protective circuits;

2194 10.6 Incorporation of switching devices and components;

2195 10.7 Internal electrical circuits and connections;

2196 10.8 Terminals for external conductors.

2197 2) Performance:

2198 10.9 Dielectric properties;

2199 10.10 Temperature rise;

2200 10.11 Short-circuit withstand strength;

2201 10.12 Electromagnetic compatibility;

2202 10.13 Mechanical operation.

2203 The number of ASSEMBLIES or parts thereof used for verification and the order in which the  
2204 verification is carried out shall be at the discretion of the original manufacturer.

2205 The data used, calculations made and comparison undertaken for the verification of  
2206 ASSEMBLIES shall be recorded in verification reports.

## 2207 **10.2 Strength of materials and parts**

### 2208 **10.2.1 General**

2209 The mechanical, electrical and thermal capability of constructional materials and parts of the  
2210 ASSEMBLY shall be deemed to be proven by verification of construction and performance  
2211 characteristics.

2212 Where an empty enclosure in accordance with IEC 62208 is used, and it has not been  
2213 modified so as to degrade the performance of the enclosure, no repetition of the enclosure  
2214 testing to 10.2 is required.

### 2215 **10.2.2 Resistance to corrosion**

#### 2216 **10.2.2.1 Test procedure**

2217 The resistance to corrosion of representative samples of ferrous metallic enclosures including  
2218 internal and external ferrous metallic constructional parts of the ASSEMBLY shall be verified.

2219 The test shall be carried out on:

2220 • an enclosure or representative sample enclosure with representative internal parts in  
2221 place and door(s) closed as in normal use, or

2222 • representative enclosure parts and internal parts separately.

2223 .In all cases hinges, locks and fastenings shall also be tested unless they have previously  
2224 been subjected to an equivalent test and their resistance to corrosion has not been  
2225 compromised by their application.

2226 Where the enclosure is subjected to the test it shall be mounted as for normal use according  
2227 to the original manufacturer's instructions.

2228 The test specimens shall be new and in a clean condition and shall be subjected to severity  
2229 test A or B, as detailed in 10.2.2.2 and 10.2.2.3.

2230 NOTE The salt mist test provides an atmosphere that accelerates corrosion and does not imply that the  
2231 ASSEMBLY is suitable for salt laden atmosphere.

2232 **10.2.2.2 Severity test A**

2233 This test is applicable to:

- 2234 – metallic indoor enclosures;
- 2235 – external metallic parts of indoor ASSEMBLIES;
- 2236 – internal metallic parts of indoor and outdoor ASSEMBLIES upon which intended mechanical  
2237 operation may depend.

2238 The test consists of:

2239 6 cycles of 24 h each to damp heat cycling test according to IEC 60068-2-30 (Test Db) at  
2240  $(40 \pm 3)$  °C and relative humidity of 95 %

2241 and

2242 2 cycles of 24 h each to salt mist test according to IEC 60068-2-11; (Test Ka: Salt mist), at a  
2243 temperature of  $(35 \pm 2)$  °C.

2244 **10.2.2.3 Severity test B**

2245 This test is applicable to:

- 2246 – metallic outdoor enclosures;
- 2247 – external metallic parts of outdoor ASSEMBLIES.

2248 The test comprises two identical 12 day periods.

2249 Each 12 day period comprises:

2250 5 cycles of 24 h each to damp heat cycling test according to IEC 60068-2-30 (Test Db) at  
2251  $(40 \pm 3)$  °C and relative humidity of 95 %

2252 and

2253 7 cycles of 24 h each to salt mist test according to IEC 60068-2-11; (Test Ka: Salt mist), at a  
2254 temperature of  $(35 \pm 2)$  °C.

2255 **10.2.2.4 Results to be obtained**

2256 After the test, the enclosure or samples shall be washed in running tap water for 5 min, rinsed  
2257 in distilled or demineralized water then shaken or subjected to air blast to remove water  
2258 droplets. The specimen under test shall then be stored under normal service conditions for  
2259 2 h.

2260 Compliance is checked by visual inspection to determine that:

- 2261 – there is no evidence of iron oxide, cracking or other deterioration more than that allowed  
2262 by ISO 4628-3 for a degree of rusting Ri1. However surface deterioration of the protective  
2263 coating is allowed. In case of doubt associated with paints and varnishes, reference shall  
2264 be made to ISO 4628-3 to verify that the samples conform to the specimen Ri1;
- 2265 – the mechanical integrity is not impaired;
- 2266 – seals are not damaged,
- 2267 – doors, hinges, locks, and fastenings work without abnormal effort.

2268 **10.2.3 Properties of insulating materials**

2269 **10.2.3.1 Verification of thermal stability of enclosures**

2270 The thermal stability of enclosures manufactured from insulated material shall be verified by  
2271 the dry heat test. The test shall be carried out according to IEC 60068-2-2 Test Bb, at a  
2272 temperature of 70 °C, with natural air circulation, for a duration of 168 h and with a recovery  
2273 of 96 h.

2274 Parts, intended for decorative purposes that have no technical significance shall not be  
2275 considered for the purpose of this test.

2276 The enclosure, mounted as for normal use, is subjected to a test in a heating cabinet with an  
2277 atmosphere having the composition and pressure of the ambient air and ventilated by natural  
2278 circulation. If the dimensions of the enclosure are too large for the available heating cabinet,  
2279 the test may be carried out on a representative sample of the enclosure.

2280 The use of an electrically heated cabinet is recommended.

2281 Natural circulation may be provided by holes in the walls of the cabinet.

2282 The enclosure or sample shall show no crack visible to normal or corrected vision without  
2283 additional magnification nor shall the material have become sticky or greasy, this being  
2284 judged as follows:

2285 With the forefinger wrapped in a dry piece of rough cloth, the sample is pressed with a force  
2286 of 5 N.

2287 NOTE The force of 5 N can be obtained in the following way: the enclosure or sample is placed on one of the  
2288 pans of a balance and the other pan is loaded with a mass equal to the mass of the sample plus 500 g. Equilibrium  
2289 is then restored by pressing the sample with the forefinger wrapped in a dry piece of rough cloth.

2290 No traces of the cloth shall remain on the sample and the material of the enclosure or sample  
2291 shall not stick to the cloth.

2292 **10.2.3.2 Verification of resistance of insulating materials to abnormal heat and fire due**  
2293 **to internal electric effects**

2294 The glow-wire test principles of IEC 60695-2-10 and the details given in IEC 60695-2-11 shall  
2295 be used to verify the suitability of materials used:

2296 a) on parts of ASSEMBLIES, or

2297 b) on parts taken from these parts.

2298 The test shall be carried out on material with the minimum thickness used for the parts in a)  
2299 or b).

2300 As an alternative the original manufacturer shall provide data on the suitability of materials  
2301 from the insulating material supplier to demonstrate compliance with the requirements of  
2302 8.1.5.3.

2303 For a description of the test, see Clause 4 of IEC 60695-2-11. The apparatus to be used shall  
2304 be as described in Clause 5 of IEC 60695-2-11.

2305 The temperature of the tip of the glow-wire shall be as follows:

2306 – 960 °C for parts necessary to retain current-carrying parts in position;

2307 – 850 °C for enclosures intended for mounting in hollow walls;

2308 – 650 °C for all other parts, including parts necessary to retain the protective conductor.

2309 **10.2.4 Resistance to ultra-violet (UV) radiation**

2310 This test applies only to enclosures and external parts of ASSEMBLIES intended to be installed  
2311 outdoors and which are constructed of synthetic materials or metals that are entirely coated  
2312 by synthetic material. Representative samples of such parts shall be subjected to the  
2313 following test:

2314 UV test according to ISO 4892-2 Method A, Cycle 1 providing a total test period of 500 h. For  
2315 enclosures constructed of synthetic materials compliance is checked by verification that the  
2316 flexural strength (according to ISO 178) and Charpy impact (according to ISO 179) of  
2317 synthetic materials have 70 % minimum retention.

2318 The test shall be made on six test specimens of standard size according to ISO 178 and on  
2319 six test specimens of standard size according to ISO 179. The test specimens shall be made  
2320 under the same conditions as those used for the manufacture of the enclosure concerned.

2321 For the test carried out in accordance with ISO 178, the surface of the sample exposed to UV  
2322 shall be turned face down and the pressure applied to the non exposed surface.

2323 For the test carried out in accordance with ISO 179 for materials whose impact bending  
2324 strength cannot be determined prior to exposure because no rupture has occurred, not more  
2325 than three of the exposed test specimens shall be allowed to break.

2326 For compliance, enclosures constructed of metals entirely coated by synthetic material, the  
2327 adherence of the synthetic material shall have a minimum retention of category 3 according to  
2328 ISO 2409.

2329 Samples shall not show cracks or deterioration visible to normal or corrected vision without  
2330 additional magnification.

2331 This test need not be carried out if the original manufacturer can provide data from the  
2332 synthetic material supplier to demonstrate that material of the same type and thickness or  
2333 thinner complies with this requirement.

#### 2334 **10.2.5 Lifting**

2335 For ASSEMBLIES with provision for lifting means compliance is verified by the following tests.

2336 The maximum number of sections allowed by the original manufacturer to be lifted together  
2337 shall be equipped with components and/or weights to achieve a weight of 1,25 times its  
2338 maximum shipping weight. With doors closed it shall be lifted with the specified lifting means  
2339 and in the manner defined by the original manufacturer.

2340 From a standstill position, the ASSEMBLY shall be raised smoothly without jerking in a vertical  
2341 plane to a height of  $(1 \pm 0,1)$  m and lowered in the same manner to a standstill position. This  
2342 test is repeated a further two times after which the ASSEMBLY is raised up and suspended  
2343 clear of the floor for 30 min without any movement.

2344 Following this test the ASSEMBLY shall be raised smoothly without jerking from a standstill  
2345 position to a height of  $(1 \pm 0,1)$  m and moved  $(10 \pm 0,5)$  m horizontally, then lowered to a  
2346 standstill position. This sequence, shall be carried out three times at uniform speed, each  
2347 sequence being carried out within 1 min.

2348 After the test, with the test weights in place, the ASSEMBLY shall show no cracks or permanent  
2349 distortions visible to normal or corrected vision without additional magnification, which could  
2350 impair any of its characteristics.

#### 2351 **10.2.6 Mechanical impact**

2352 Mechanical impact tests where required by the specific ASSEMBLY standard are to be carried  
2353 out in accordance with IEC 62262.

#### 2354 **10.2.7 Marking**

2355 Marking made by moulding, pressing, engraving or similar shall not be submitted to the  
2356 following test.

2357 The test is made by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cloth soaked in  
2358 water and then for 15 s with a piece of cloth soaked with petroleum spirit.

2359 NOTE The petroleum spirit is defined as a solvent hexane with a content of aromatics of maximum 0,1 % in  
2360 volume, a kauributanol value of 29, an initial boiling point of 65 °C, a final boiling point of 69 °C and a density of  
2361 approximately  $0,68 \text{ g/cm}^3$ .

2362 After the test the marking shall be legible to normal or corrected vision without additional  
2363 magnification.

2364 **10.3 Degree of protection of ASSEMBLIES**

2365 The degree of protection provided in accordance with 8.2.2, 8.2.3 and 8.4.2.3 shall be verified  
2366 in accordance with IEC 60529; the test may be carried out on one representative equipped  
2367 ASSEMBLY in a condition stated by the original manufacturer. Where an empty enclosure in  
2368 accordance with IEC 62208 is used, and no external modification has been carried out that  
2369 may result in a deterioration of the degree of protection, no further testing is required.

2370 IP tests shall be carried out:

- 2371 • with all covers and doors in place and closed as in normal service;
- 2372 • in a de-energised state unless stated otherwise by the original manufacturer;

2373 ASSEMBLIES having a degree of protection of IP 5X shall be tested according to category 2 in  
2374 13.4 of IEC 60529.

2375 ASSEMBLIES having a degree of protection of IP 6X shall be tested according to category 1 in  
2376 13.4 of IEC 60529.

2377 The test device for IP X3 and IP X4 as well as the type of support for the enclosure during the IP X4  
2378 test shall be stated in the test report.

2379 The IP X1 test may be carried out by moving the drip box instead of rotating the ASSEMBLY.

2380 The IP X1 to IP X6 tests on an ASSEMBLY are deemed to be a failure if any water comes into  
2381 contact with electrical equipment housed within the enclosure. Ingress of water is permissible  
2382 only if its route of entry is obvious and the water is only in contact with the enclosure at a  
2383 location where it will not impair safety.

2384 The IP 5X test is deemed to be a failure if harmful amount of dust is visible on electrical  
2385 equipment housed within the enclosure.

2386 **10.4 Clearances and creepage distances**

2387 It shall be verified that the clearances and creepage distances comply with the requirements  
2388 of 8.3.

2389 The clearances and creepage distances shall be measured in accordance with Annex F.

2390 **10.5 Protection against electric shock and integrity of protective circuits**

2391 **10.5.1 Effectiveness of the protective circuit**

2392 The effectiveness of protective circuit is verified for the following functions:

- 2393 a) protection against the consequences of a fault within the ASSEMBLY (internal faults) as  
2394 outlined in 10.5.2, and
- 2395 b) protection against the consequences of faults in external circuits supplied through the  
2396 ASSEMBLY (external faults) as outlined in 10.5.3.

2397 **10.5.2 Effective earth continuity between the exposed conductive parts of the  
2398 ASSEMBLY and the protective circuit**

2399 It shall be verified that the different exposed conductive parts of the ASSEMBLY are effectively  
2400 connected to the terminal for the incoming external protective conductor and that the  
2401 resistance of the circuit does not exceed 0,1  $\Omega$ .

2402 Verification shall be made using a resistance measuring instrument which is capable of  
2403 driving a current of at least 10 A (a.c. or d.c.). The current is passed between each exposed  
2404 conductive part and the terminal for the external protective conductor. The resistance shall  
2405 not exceed 0,1  $\Omega$ .

- 2406 NOTE It is recommended to limit the duration of the test where low-current equipment otherwise may be  
2407 adversely affected by the test.
- 2408 **10.5.3 Short-circuit withstand strength of the protective circuit**
- 2409 **10.5.3.1 General**
- 2410 The short-circuit withstand strength specified by the original manufacturer shall be verified.  
2411 Verification may be by comparison with a reference design or by test as detailed in 10.5.3.3 to  
2412 10.5.3.5 (see also Annex D).
- 2413 The original manufacturer shall determine the reference design(s) that will be used in 10.5.3.3  
2414 and 10.5.3.4.
- 2415 **10.5.3.2 Protective circuits that are exempted from short-circuit withstand verification**
- 2416 Where a separate protective conductor is provided in accordance with 8.4.3.2.3, short-circuit  
2417 testing is not required if one of the conditions of 10.11.2. is fulfilled.
- 2418 **10.5.3.3 Verification by comparison with a reference design - utilising a check list**
- 2419 Verification is achieved when comparison of the ASSEMBLY to be verified with an already  
2420 tested design utilising items 1 to 6 and 8 to 10 of the check list in Table 13 shows no  
2421 deviations.
- 2422 To ensure the same current carrying capacity for that portion of the fault current that flows  
2423 through the exposed conductive parts, the design, number and arrangement of the parts that  
2424 provide contact between the protective conductor and the exposed conductive parts, shall be  
2425 the same as in the tested reference design.
- 2426 **10.5.3.4 Verification by comparison with a reference design – utilising calculation**
- 2427 Verification by comparison with a reference design based on calculation is to be in  
2428 accordance with 10.11.4
- 2429 To ensure the same current carrying capacity for that portion of the fault current that flows  
2430 through the exposed conductive parts, the design, number and arrangement of the parts that  
2431 provide contact between the protective conductor and the exposed conductive parts, shall be  
2432 the same as in the tested reference design.
- 2433 **10.5.3.5 Verification by test**
- 2434 Subclause 10.11.5.6 applies.
- 2435 **10.6 Incorporation of switching devices and components**
- 2436 **10.6.1 General**
- 2437 Compliance with the design requirements of 8.5 for the incorporation of switching devices and  
2438 components shall be confirmed by the original manufacturer's inspection.
- 2439 **10.6.2 Electromagnetic compatibility**
- 2440 The performance requirements of J.9.4 for electromagnetic compatibility shall be confirmed by  
2441 inspection or where necessary by test (see J.10.12).
- 2442 **10.7 Internal electrical circuits and connections**
- 2443 Compliance with the design requirements of 8.6 for internal electrical circuits and connections  
2444 shall be confirmed by the original manufacturer's inspection.
- 2445 **10.8 Terminals for external conductors**
- 2446 Compliance with the design requirements of 8.8 for terminals for external conductors shall be  
2447 confirmed by the original manufacturer's inspection.

2448 **10.9 Dielectric properties**

2449 **10.9.1 General**

2450 For this test, all the electrical equipment of the ASSEMBLY shall be connected, except those  
2451 items of apparatus which, according to the relevant specifications, are designed for a lower  
2452 test voltage; current-consuming apparatus (e.g. windings, measuring instruments, voltage  
2453 surge suppression devices) in which the application of the test voltage would cause the flow  
2454 of a current, shall be disconnected. Such apparatus shall be disconnected at one of their  
2455 terminals unless they are not designed to withstand the full test voltage, in which case all  
2456 terminals may be disconnected.

2457 For test voltage tolerances and the selection of test equipment, see IEC 61180.

2458 **10.9.2 Power-frequency withstand voltage**

2459 **10.9.2.1 Main, auxiliary and control circuits**

2460 Main circuits as well as auxiliary and control circuits that are connected to the main circuit  
2461 shall be subjected to the test voltage according to Table 8.

2462 Auxiliary and control circuits, whether a.c. or d.c., that are not connected to the main circuit  
2463 shall be subjected to the test voltage according to Table 9.

2464 **10.9.2.2 Test voltage**

2465 The test voltage shall have a substantially sinusoidal waveform and a frequency between  
2466 45 Hz and 65 Hz.

2467 The high-voltage transformer used for the test shall be so designed that, when the output  
2468 terminals are short-circuited after the output voltage has been adjusted to the appropriate test  
2469 voltage, the output current shall be at least 200 mA.

2470 The overcurrent relay shall not trip when the output current is less than 100 mA.

2471 The value of the test voltage shall be that specified in Table 8 or 9 as appropriate with a  
2472 permitted tolerance of  $\pm 3\%$ .

2473 **10.9.2.3 Application of the test voltage**

2474 The power frequency voltage at the moment of application shall not exceed 50 % of the full  
2475 test value. It shall then be increased progressively to this full value and maintained for  
2476  $5 \left( \begin{smallmatrix} +2 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$  s as follows:

2477 a) between all live parts of different potential of the main circuit connected together  
2478 (including the control and auxiliary circuits connected to the main circuit) and exposed  
2479 conductive parts, with the main contacts of all switching devices in the closed position or  
2480 bridged by a suitable low resistance link;

2481 b) between each live part of different potential of the main circuit and, the other live parts of  
2482 different potential and exposed conductive parts connected together, with the main  
2483 contacts of all switching devices in the closed position or bridged by a suitable low  
2484 resistance link;

2485 c) between each control and auxiliary circuit not normally connected to the main circuit and  
2486 the

2487 – main circuit;

2488 – other circuits;

2489 – exposed conductive parts..

2490 **10.9.2.4 Acceptance criteria**

2491 The overcurrent relay shall not operate and there shall be no disruptive discharge (see  
2492 3.6.18) during the tests.

2493 **10.9.3 Impulse withstand voltage**

2494 **10.9.3.1 General**

2495 Verification shall be made by test or by the validation of application of design rules.

2496 In place of the impulse withstand voltage test the original manufacturer may perform, at his  
2497 discretion, an equivalent a.c. or d.c. voltage test, in accordance with 10.9.3.3 or 10.9.3.4.

2498 **10.9.3.2 Impulse withstand voltage test**

2499 The impulse voltage generator shall be adjusted to the required impulse voltage with the  
2500 ASSEMBLY connected. The value of the test voltage shall be that specified in 9.1.3. The  
2501 accuracy of the applied peak voltage shall be  $\pm 3\%$ .

2502 Auxiliary circuits not connected to main circuits shall be connected to earth. The 1,2/50  $\mu$ s  
2503 impulse voltage shall be applied to the ASSEMBLY five times for each polarity at intervals of 1 s  
2504 minimum as follows:

2505 a) between all the live parts of different potential of the main circuit connected together  
2506 (including the control and auxiliary circuits connected to the main circuit) and exposed  
2507 conductive parts, with the main contacts of all switching devices in the closed position or  
2508 bridged by a suitable low resistance link;

2509 b) between each live part of different potential of the main circuit and, the other live parts of  
2510 different potential and exposed conductive parts connected together, with the main  
2511 contacts of all switching devices in the closed position or bridged by a suitable low  
2512 resistance link.

2513 c) between each control and auxiliary circuit not normally connected to the main circuit and  
2514 the

- 2515 – main circuit;
- 2516 – other circuits;
- 2517 – exposed conductive parts.

2518 For an acceptable result there shall be no disruptive discharge during the tests.

2519 **10.9.3.3 Alternative power-frequency voltage test**

2520 The test voltage shall have a substantially sinusoidal waveform and a frequency between  
2521 45 Hz and 65 Hz.

2522 The high-voltage transformer used for the test shall be so designed that, when the output  
2523 terminals are short-circuited after the output voltage has been adjusted to the appropriate test  
2524 voltage, the output current shall be at least 200 mA.

2525 The overcurrent relay shall not trip when the output current is less than 100 mA.

2526 The value of the test voltage shall be that specified in 9.1.3 and Table 10 as appropriate with  
2527 a permitted tolerance of  $\pm 3\%$ .

2528 The power-frequency voltage shall be applied once, at full value, for a duration sufficient for  
2529 the magnitude to be ascertained, but it shall not be less than 15 ms or greater than 100 ms.

2530 It shall be applied to the ASSEMBLY in the manner described in 10.9.3.2. a) b) and c) above.

2531 For an acceptable result the overcurrent relay shall not operate and there shall be no  
2532 disruptive discharge during the tests.

2533 **10.9.3.4 Alternative d.c. voltage test**

2534 The test voltage shall have negligible ripple.

2535 The high-voltage source used for the test shall be so designed that, when the output terminals  
2536 are short-circuited after the output voltage has been adjusted to the appropriate test voltage,  
2537 the output current shall be at least 200 mA.

- 2538 The overcurrent relay shall not trip when the output current is less than 100 mA.
- 2539 The value of the test voltage shall be that specified in 9.1.3 and Table 10 as appropriate with  
2540 a permitted tolerance of  $\pm 3\%$ .
- 2541 The d.c. voltage shall be applied once for each polarity for a duration sufficient for the  
2542 magnitude to be ascertained, but it shall not be less than 15 ms or greater than 100 ms.
- 2543 It shall be applied to the ASSEMBLY in the manner of 10.9.3.2. a) and b) above.
- 2544 For an acceptable result the overcurrent relay shall not operate and there shall be no  
2545 disruptive discharge during the tests.
- 2546 **10.9.3.5 Design rule**
- 2547 Clearances shall be verified by measurement, or verification of measurements on design  
2548 drawings, employing the measurement methods stated in Annex F. The clearances shall be at  
2549 least 1,5 times the values specified in Table 1.
- 2550 NOTE The 1,5 factor to values in Table 1 is applied to avoid impulse withstand voltage tests for design  
2551 verification. It is a safety factor that takes into consideration manufacturing tolerances.
- 2552 It shall be verified by assessment of the device manufacturer's data that all incorporated  
2553 devices are suitable for the specified rated impulse withstand voltage ( $U_{imp}$ ).
- 2554 **10.9.4 Testing of enclosures made of insulating material**
- 2555 For ASSEMBLIES with enclosures made of insulating material, an additional dielectric test shall  
2556 be carried out by applying an a.c. test voltage between a metal foil laid on the outside of the  
2557 enclosure over openings and joints, and the interconnected live and exposed conductive parts  
2558 within the ASSEMBLY located next to the openings and joints. For this additional test, the test  
2559 voltage shall be equal to 1,5 times the values indicated in Table 8.
- 2560 **10.9.5 External operating handles of insulating material**
- 2561 In the case of handles made of or covered by insulating material, a dielectric test shall be  
2562 carried out by applying a test voltage equal to 1,5 times the test voltage indicated in Table 8  
2563 between the live parts and a metal foil wrapped round the whole surface of the handle. During  
2564 this test, the frame must not be earthed or connected to any other circuit.
- 2565 **10.10 Verification of temperature rise**
- 2566 **10.10.1 General**
- 2567 It shall be verified that the temperature-rise limits specified in 9.2 for the different parts of the  
2568 ASSEMBLY or ASSEMBLY system will not be exceeded.
- 2569 Verification shall be made by one or more of the following methods (see Annex O for  
2570 guidance):
- 2571 a) testing with current (10.10.2);
- 2572 b) derivation (from a tested design) of ratings for similar variants (10.10.3);
- 2573 c) calculation for a single compartment ASSEMBLY not exceeding 630 A according to  
2574 10.10.4.2 or for ASSEMBLIES not exceeding 1600 A according to 10.10.4.3.
- 2575 In ASSEMBLIES rated for frequencies above 60 Hz verification of temperature rise by test  
2576 (10.10.2) or by derivation from a similar design tested at the same intended frequency  
2577 (10.10.3) is always required.
- 2578 The current carrying capability of the circuits to be verified is determined by the rated current  
2579 (see 5.3.2) and the RDF (see 5.3.3).
- 2580 If modifications are made to a verified ASSEMBLY, the rules given in 10.10.2.2 and 10.10.3  
2581 shall be used to check if these modifications are likely to adversely affect the temperature  
2582 rise. New verification shall be carried out if an adverse effect is likely.

2583 **10.10.2 Verification by testing with current**

2584 **10.10.2.1 General**

2585 Verification by test comprises the following:

- 2586 1) If the ASSEMBLY to be verified comprises a number of variants, the most onerous  
2587 arrangement(s) of the ASSEMBLY system shall be selected according to 10.10.2.2.
- 2588 2) The ASSEMBLY variant(s) selected shall be verified by one of the following methods,  
2589 determined by the original manufacturer:
- 2590 a) considering individual functional units, the main and distribution busbars and the  
2591 ASSEMBLY collectively according to 10.10.2.3.5;
- 2592 b) considering individual functional units separately and the complete ASSEMBLY including  
2593 the main and distribution busbars according to 10.10.2.3.6;
- 2594 c) considering individual functional units and the main and distribution busbars separately  
2595 as well as the complete ASSEMBLY according to 10.10.2.3.7.
- 2596 3) When the ASSEMBLY variant(s) tested are the most onerous variants out of an ASSEMBLY  
2597 system then the test results can be used to establish the ratings of similar variants without  
2598 further testing. Rules for such derivations are given in 10.10.3

2599 **10.10.2.2 Selection of the representative arrangement**

2600 **10.10.2.2.1 General**

2601 The test shall be made on one or more representative arrangements loaded with one or more  
2602 representative load combinations chosen to obtain with reasonable accuracy the highest  
2603 possible temperature rise.

2604 The selection of the representative arrangements to be tested is given in 10.10.2.2.2 and  
2605 10.10.2.2.3 and is the responsibility of the original manufacturer. The original manufacturer  
2606 shall take into consideration in his selection for test, the configurations to be derived from the  
2607 tested arrangements according to 10.10.3

2608 **10.10.2.2.2 Busbars**

2609 For busbar systems consisting of single or multiple rectangular sections of conductor, where  
2610 the variants differ only in the reduction of one or more of

- 2611 • height,  
2612 • thickness,  
2613 • quantity of bars per conductor,  
2614 and have the same
- 2615 • arrangement of bars,  
2616 • center line spacing of conductors,  
2617 • enclosure and  
2618 • busbar compartment (if any),

2619 the busbars with the greatest cross-sectional area shall be selected as the representative  
2620 arrangement as a minimum for the test. For ratings of smaller busbar size variants see  
2621 10.10.3.3.

2622 **10.10.2.2.3 Functional units**

2623 **a) Selection of comparable functional unit groups**

2624 Functional units intended to be used at different rated currents can be considered to have a  
2625 similar thermal behaviour and form a comparable range of units, if they fulfil the following  
2626 conditions:

- 2627 i) the function and basic wiring diagram of the main circuit is the same (e.g. incoming  
2628 unit, reversing starter, cable feeder);

- 2629 ii) the devices are of the same frame size and belong to the same series;  
2630 iii) the mounting structure is of the same type;  
2631 iv) the mutual arrangement of the devices is the same;  
2632 v) the type and arrangement of conductors is the same;  
2633 vi) the cross-section of the main circuit conductors within a functional unit shall have a  
2634 rating at least equal to that of the lowest rated device in the circuit. Selection of cables  
2635 shall be as tested or in accordance with IEC 60364-5-52. Examples on how to adapt  
2636 this standard for conditions inside an ASSEMBLY are given in the tables included in  
2637 Annex H. The cross-section of bars shall be as tested or as given in Annex N.

2638 **b) Selection of a critical variant out of each comparable group as a specimen for test**

2639 For the critical variant the most onerous compartment (where applicable) and enclosure  
2640 conditions (with respect to shape, size, design of partitions and enclosure ventilation) shall be  
2641 tested.

2642 The maximum possible current rating for each variant of functional unit is established. For  
2643 functional units containing only one device this is the rated current of the device. For  
2644 functional units with several devices, it is that of the device with the lowest rated current. If a  
2645 combination of devices connected in series is intended to be used at a lower current (e.g.  
2646 motor starter combination), this lower current shall be used.

2647 For each functional unit the power loss is calculated at the maximum possible current using  
2648 the data given by the device manufacturer for each device together with the power losses of  
2649 the associated conductors.

2650 For functional units with currents up to and including 630 A, the critical unit in each range is  
2651 the functional unit with the highest total power loss.

2652 For functional units with currents above 630 A the critical unit in each range is that which has  
2653 the highest rated current. This ensures that additional thermal effects relating to eddy currents  
2654 and current displacement are taken into consideration.

2655 The critical functional unit shall at least be tested:

- 2656 • inside the smallest compartment (if any) which is intended for this functional unit; and  
2657 • with the worst variant of internal separation (if any) with respect to size of ventilation  
2658 openings; and  
2659 • with the enclosure with the highest installed power loss per volume; and  
2660 • with the worst variant of ventilation of the enclosure with respect to the kind of  
2661 ventilation (natural or forced convection) and size of ventilation openings.

2662 If the functional unit can be arranged in different orientations (horizontal, vertical), then the  
2663 most onerous arrangement shall be tested.

2664 NOTE Additional test may be made on the discretion of the original manufacturer for less critical arrangements  
2665 and variants of functional units.

2666 **10.10.2.3 Methods of test**

2667 **10.10.2.3.1 General**

2668 In 10.10.2.3.5 to 10.10.2.3.7 three methods for test are given, which differ in the number of  
2669 tests needed and in the range of applicability of the test results, an explanation is provided in  
2670 Annex O.

2671 The temperature-rise test on the individual circuits shall be made with the type of current for  
2672 which they are intended, and at the design frequency. Any convenient value of the test  
2673 voltage may be used to produce the desired current. Coils of relays, contactors, releases,  
2674 etc., shall be supplied with rated operational voltage.

- 2675 The ASSEMBLY shall be mounted as in normal use, with all covers including bottom cover  
2676 plates, etc., in place.
- 2677 If the ASSEMBLY includes fuses, these shall be fitted for the test with fuse-links as specified by  
2678 the manufacturer. The power losses of the fuse-links used for the test shall be stated in the  
2679 test report. Fuse-link power loss may be determined by measurement or alternatively as  
2680 declared by the fuse-link manufacturer.
- 2681 The size and the disposition of external conductors used for the test shall be stated in the test  
2682 report.
- 2683 The test shall be made for a time sufficient for the temperature rise to reach a constant value.  
2684 In practice, this condition is reached when the variation at all measured points (including the  
2685 ambient air temperature) does not exceed 1 K/h.
- 2686 To shorten the test, if the devices allow it, the current may be increased during the first part of  
2687 the test, it being reduced to the specified test current afterwards.
- 2688 When a control electro-magnet is energized during the test, the temperature is measured  
2689 when thermal equilibrium is reached in both the main circuit and the control electro-magnet.
- 2690 The average value of the actual incoming test currents shall be between -0 % and +3 % of  
2691 the intended value. Each phase shall be within  $\pm 5$  % of the intended value.
- 2692 Tests on an individual section of the ASSEMBLY are acceptable. To make the test  
2693 representative the external surfaces at which additional sections may be connected shall be  
2694 thermally insulated with a covering to prevent any undue cooling.
- 2695 When testing individual functional units within a section or a complete ASSEMBLY, the adjacent  
2696 functional units can be replaced by heating resistors if the rating of each does not exceed  
2697 630 A and their temperature is not being measured.
- 2698 In ASSEMBLIES where there is a possibility that additional control circuits or devices may be  
2699 incorporated, heating resistors shall simulate the power dissipation of these additional items.
- 2700 **10.10.2.3.2 Test conductors**
- 2701 In the absence of detailed information concerning the external conductors and the service  
2702 conditions, the cross-section of the external test conductors shall be chosen considering the  
2703 rated current of each circuit as follows:
- 2704 **1) For values of rated current up to and including 400 A:**
- 2705 a) the conductors shall be single-core, copper cables or insulated wires with cross-  
2706 sectional areas as given in Table 11;
- 2707 b) as far as practicable, the conductors shall be in free air;
- 2708 c) the minimum length of each temporary connection from terminal to terminal shall be:
- 2709 - 1 m for cross-sections up to and including 35 mm<sup>2</sup>;
- 2710 - 2 m for cross-sections larger than 35 mm<sup>2</sup>.
- 2711 **2) For values of rated current higher than 400 A but not exceeding 800 A:**
- 2712 a) The conductors shall be single-core copper cables with cross-sectional areas as given  
2713 in Table 12, or the equivalent copper bars given in Table 12 as specified by the  
2714 original manufacturer.
- 2715 b) Cables or copper bars shall be spaced at approximately the distance between  
2716 terminals. Multiple parallel cables per terminal shall be bunched together and arranged  
2717 with approximately 10 mm air space between each other. Multiple copper bars per  
2718 terminal shall be spaced at a distance approximately equal to the bar thickness. If the  
2719 sizes stated for the bars are not suitable for the terminals or are not available, it is  
2720 allowed to use other bars having the same cross-sectional dimensions  $\pm 10$  % and the  
2721 same or smaller cooling surfaces. Cables or copper bars shall not be interleaved.

2722 c) For single-phase or multi-phase tests, the minimum length of any temporary  
2723 connection to the test supply shall be 2 m. The minimum length to a star point may be  
2724 reduced to 1,2 m where agreed by the original manufacturer.

2725 **3) For values of rated current higher than 800 A but not exceeding 4000 A:**

2726 a) The conductors shall be copper bars of the sizes stated in Table 12 unless the  
2727 ASSEMBLY is designed only for cable connection. In this case, the size and arrangement  
2728 of the cables shall be as specified by the original manufacturer.

2729 b) Copper bars shall be spaced at approximately the distance between terminals. Multiple  
2730 copper bars per terminal shall be spaced at a distance approximately equal to the bar  
2731 thickness. If the sizes stated for the bars are not suitable for the terminals or are not  
2732 available, it is allowed to use other bars having the same cross-sectional dimensions  
2733  $\pm 10\%$  and the same or smaller cooling surfaces. Copper bars shall not be  
2734 interleaved.

2735 c) For single-phase or multi-phase tests, the minimum length of any temporary  
2736 connection to the test supply shall be 3 m, but this can be reduced to 2 m provided that  
2737 the temperature rise at the supply end of the connection is not more than 5 K below  
2738 the temperature rise in the middle of the connection length. The minimum length to a  
2739 star point shall be 2 m.

2740 **4) For values of rated current higher than 4 000 A:**

2741 The original manufacturer shall determine all relevant items of the test, such as type of  
2742 supply, number of phases and frequency (where applicable), cross-sections of test  
2743 conductors, etc. This information shall form part of the test report.

2744 **10.10.2.3.3 Measurement of temperatures**

2745 Thermocouples or thermometers shall be used for temperature measurements. For windings,  
2746 the method of measuring the temperature by resistance variation shall generally be used.

2747 The thermometers or thermocouples shall be protected against air currents and heat  
2748 radiation.

2749 The temperature shall be measured at all points where a temperature-rise limit (see 9.2) must  
2750 be observed. Particular attention shall be given to joints in conductors and terminals within  
2751 the main circuits. For measurement of the temperature of air inside an ASSEMBLY, several  
2752 measuring devices shall be arranged in convenient places.

2753 **10.10.2.3.4 Ambient air temperature**

2754 The ambient air temperature shall be measured by means of at least two thermometers or  
2755 thermocouples equally distributed around the ASSEMBLY at approximately half its height and at  
2756 a distance of approximately 1 m from the ASSEMBLY. The thermometers or thermocouples shall  
2757 be protected against air currents and heat radiation.

2758 The ambient temperature during the test shall be between +10 °C and +40 °C.

2759 **10.10.2.3.5 Verification of the complete ASSEMBLY**

2760 Incoming and outgoing circuits of the ASSEMBLY shall be loaded with their rated currents (see  
2761 5.3.2) being equivalent to a rated diversity factor of 1 (see 5.3.3).

2762 If the rated current of the incoming circuit or distribution busbar system is less than the sum of  
2763 the rated currents of all outgoing circuits, then the outgoing circuits shall be split into groups  
2764 corresponding to the rated current of the incoming circuit or distribution busbar system. The  
2765 groups as defined by the original manufacturer shall be formed in a manner so that the  
2766 highest possible temperature rise is obtained. Sufficient groups shall be formed and tests  
2767 undertaken so as to include all different variants of functional units in at least one group.

2768 Where the fully loaded circuits do not distribute exactly the total incoming current, the  
2769 remaining current shall be distributed via any other appropriate circuit. This test shall be  
2770 repeated until all types of outgoing circuit have been verified at their rated current.

2771 Change in the arrangement of functional units within a verified ASSEMBLY, or section of an  
2772 ASSEMBLY may necessitate additional tests as the thermal influence of the adjacent units may  
2773 differ significantly.

2774 NOTE 10.10.2.3.6 provides a means of testing an ASSEMBLY with diversity factor less than one and fewer tests  
2775 than specified in 10.10.2.3.7.

2776 **10.10.2.3.6 Verification considering individual functional units separately and the**  
2777 **complete ASSEMBLY**

2778 The rated currents of the circuits according to 5.3.2 and the rated diversity factor according to  
2779 5.3.3 shall be verified in two stages.

2780 The rated current of each critical variant functional unit (10.10.2.2.3.b)) shall be verified  
2781 separately in accordance with 10.10.2.3.7 c).

2782 The ASSEMBLY is verified by loading the incoming circuit to its rated current and all outgoing  
2783 functional units collectively to their rated current multiplied by the diversity factor.

2784 If the rated current of the incoming circuit or distribution busbar system is less than the sum of  
2785 the test currents of all outgoing circuits, then the outgoing circuits shall be split into groups  
2786 corresponding to the rated current of the incoming circuit or distribution busbar system. The  
2787 groups as defined by the original manufacturer shall be formed in a manner so that the  
2788 highest possible temperature rise is obtained. Sufficient groups shall be formed and tests  
2789 undertaken so as to include all different variants of functional units in at least one group.

2790 Where the fully loaded circuits do not distribute exactly the total incoming current, the  
2791 remaining current shall be distributed via any other appropriate circuit. This test shall be  
2792 repeated until all types of outgoing circuit have been verified at their test current.

2793 Change in the arrangement of functional units within a verified ASSEMBLY, or section of an  
2794 ASSEMBLY may necessitate additional tests as the thermal influence of the adjacent units may  
2795 differ significantly.

2796 **10.10.2.3.7 Verification considering individual functional units and the main and**  
2797 **distribution busbars separately as well as the complete ASSEMBLY**

2798 ASSEMBLIES shall be verified by separate verification of standard elements (a) to c)) as  
2799 selected in accordance with 10.10.2.2.2 and 10.10.2.2.3, and verification of a complete  
2800 ASSEMBLY (d)) under worst case conditions as detailed below:

2801 a) Main busbars shall be tested separately. They shall be mounted in the ASSEMBLY  
2802 enclosure as in normal use with all covers and all partitions that separate the main  
2803 busbars from other compartments, in place. If the main busbar has joints, then they shall  
2804 be included in the test. The test shall be carried out at rated current. The test current shall  
2805 pass through the full length of the busbars. Where the design of the ASSEMBLY permits,  
2806 and, to minimise the influence of the external test conductors on the temperature rise, the  
2807 length of the main busbar within the enclosure for the test shall be a minimum of 2 m and  
2808 include a minimum of one joint when the busbars are extendable.

2809 b) Distribution busbars shall be tested separately from the outgoing units. They shall be  
2810 mounted in the enclosure as in normal use with all covers and all partitions that separate  
2811 the busbar from other compartments, in place. Distribution busbars shall be connected to  
2812 the main busbar. No other conductors, e.g. connections to functional units, shall be  
2813 connected to the distribution busbar. In order to consider the most onerous condition, the  
2814 test shall be carried out at rated current and the test current shall pass through the full  
2815 length of the distribution busbar. If the main busbar is rated for a higher current, it shall be  
2816 fed with additional current so that it carries its rated current to its junction with the  
2817 distribution busbar.

2818 c) Functional units shall be tested individually. The functional unit shall be mounted in the  
2819 enclosure as in normal use with all covers and all internal partitions in place. If it can be  
2820 mounted at different places the most unfavourable place shall be used. It shall be  
2821 connected to the main or the distribution busbar as in normal use. If the main busbar  
2822 and/or the distribution busbar (if any) are rated for a higher current, they shall be fed with

2823 additional currents so that they carry their individual rated currents to the respective  
2824 junction points. The test shall be carried out at rated current for the functional unit.

2825 d) The complete ASSEMBLY shall be verified by temperature rise testing of the most onerous  
2826 arrangement(s) possible in service and as defined by the original manufacturer. For this  
2827 test the incoming circuit is loaded to its rated current and each outgoing functional unit to  
2828 its rated current multiplied by the rated diversity factor. Where there is insufficient  
2829 incoming current to load a representative selection of outgoing units, further  
2830 configurations may be tested.

#### 2831 **10.10.2.3.8 Results to be obtained**

2832 At the end of the test, the temperature rise shall not exceed the values specified in Table 6.  
2833 The apparatus shall operate satisfactorily within the voltage limits specified for them at the  
2834 temperature inside the ASSEMBLY.

### 2835 **10.10.3 Derivation of ratings for similar variants**

#### 2836 **10.10.3.1 General**

2837 The following sub-clauses define how the rated currents of variants can be verified by  
2838 derivation from similar arrangements verified by test.

#### 2839 **10.10.3.2 ASSEMBLIES**

2840 ASSEMBLIES verified by derivation from a similar tested arrangement shall comply with the  
2841 following:

- 2842 a) the functional units shall belong to the same group as the functional unit selected for test  
2843 (see 10.10.2.2.3);
- 2844 b) the same type of construction as used for the test;
- 2845 c) the same or increased overall dimensions as used for the test;
- 2846 d) the same or increased cooling conditions as used for the test (forced or natural  
2847 convection, same or larger ventilation openings);
- 2848 e) the same or reduced internal separation as used for the test (if any);
- 2849 f) the same or reduced power losses in the same section as used for the test;

2850 The ASSEMBLY being verified may comprise all or only part of the electrical circuits of the  
2851 ASSEMBLY previously verified. Alternative arrangement(s) of functional units within the  
2852 ASSEMBLY or section compared to the tested variant is allowed as long as the thermal  
2853 influences of the adjacent units are not more severe.

2854 Thermal tests performed on 3-phase, 3-wire ASSEMBLIES are considered as representing 3-  
2855 phase, 4-wire and single-phase, 2-wire or 3-wire ASSEMBLIES, provided that the neutral  
2856 conductor is sized equal to or greater than the phase conductors arranged in the same  
2857 manner.

2858 Temperature-rise tests on the circuit(s) carried out at 50 Hz are applicable to 60 Hz for rated  
2859 currents up to and including 800 A. For currents above 800 A, the rated current at 60 Hz shall  
2860 be reduced to 95 % of that at 50 Hz. Alternatively, where the maximum temperature rise at  
2861 50 Hz does not exceed 90 % of the permissible value, then de-rating for 60 Hz is not required.  
2862 Tests carried out at a particular frequency are applicable at the same current rating to lower  
2863 frequencies including d.c.

#### 2864 **10.10.3.3 Busbars**

2865 Ratings established for aluminium busbars are valid for copper busbars with the same cross  
2866 sectional dimensions and configuration. However, ratings established for copper busbars shall  
2867 not be used to establish ratings of aluminium busbars.

2868 The ratings of variants not selected for test according to 10.10.2.2.2 shall be determined by  
2869 multiplying their cross-section with the current density of a larger cross-section busbar of the  
2870 same design that has been verified by test.

2871 If additionally a smaller cross-section than the one to be derived has been tested, which also  
2872 fulfils the conditions of 10.10.2.2.2, then the rating of the intermediate variants can be  
2873 established by interpolation.

#### 2874 **10.10.3.4 Functional units**

2875 After the critical variant of each group of comparable functional units (see 10.10.2.2.3 a) )  
2876 has been subjected to a test for verification of temperature rise, the actual rated currents of  
2877 all other functional units in the group shall be calculated using the results of these tests.

2878 For each functional unit tested a de-rating factor (rated current, resulting from the test divided  
2879 by the maximum possible current of this functional unit, see 10.10.2.2.3 b)) shall be  
2880 calculated.

2881 The rated current of each non-tested functional unit in the range shall be the maximum  
2882 possible current of the functional unit multiplied by the de-rating factor established for the  
2883 variant tested in the range.

#### 2884 **10.10.3.5 Functional units – device substitution**

2885 A device may be substituted with a similar device from another series to that used in the  
2886 original verification, provided that the power loss and terminal temperature rise of the device,  
2887 when tested in accordance with its product standard, is the same or lower. In addition, the  
2888 physical arrangement within the functional unit and the rating of the functional unit shall be  
2889 maintained.

2890 NOTE In addition to temperature rise other requirements need to be considered including the short-circuit  
2891 requirements, see Table 13.

### 2892 **10.10.4 Verification assessment**

#### 2893 **10.10.4.1 General**

2894 Two calculation methods are provided. Both determine the approximate air temperature rise  
2895 inside the enclosure, which is caused by the power losses of all circuits, and compare this  
2896 temperature with the limits for the installed equipment. The methods differ only in the way the  
2897 relationship between the delivered power loss and the air temperature rise inside the  
2898 enclosure is ascertained.

2899 Because the actual local temperatures of the current-carrying parts cannot be calculated by  
2900 these methods, some limits and safety margins are necessary and are included.

#### 2901 **10.10.4.2 Single compartment assembly with rated current not exceeding 630 A**

##### 2902 **10.10.4.2.1 Verification method**

2903 Verification of the temperature rise of a single compartment ASSEMBLY with the total supply  
2904 current not exceeding 630 A and for rated frequencies up to and including 60 Hz may be  
2905 made by calculation if all the following conditions are fulfilled:

- 2906 a) the power loss data for all built-in components is available from the component  
2907 manufacturer;
- 2908 b) there is an approximately even distribution of power losses inside the enclosure;
- 2909 c) the rated current of the circuits of the ASSEMBLY to be verified (see 10.10.1) shall not  
2910 exceed 80 % of the rated conventional free air thermal current ( $I_{th}$ ) if any, or the  
2911 nominal current ( $I_n$ ) of the switching devices and electrical components included in the  
2912 circuit. Circuit protection devices shall be selected to ensure adequate protection to  
2913 outgoing circuits, e.g. thermal motor protection devices at the calculated temperature  
2914 in the ASSEMBLY;

2915 NOTE There is no common characteristic for switching devices and electrical components that  
2916 describes the value of current to be used here. For the purpose of verifying the temperature rise limits the  
2917 value of current shall be used, which describes the maximum continuous operational current that can be  
2918 carried without overheating. This is e.g. for contactors the rated operational current  $I_e$  AC1 and for  
2919 MCCBs the rated current  $I_n$ .

- 2920 d) the mechanical parts and the installed equipment are so arranged that air circulation is  
2921 not significantly impeded;

- 2922 e) conductors carrying currents in excess of 200 A, and the adjacent structural parts are  
2923 so arranged that eddy-current and hysteresis losses are minimised;
- 2924 f) all conductors shall have a minimum cross-sectional area based on 125 % of the  
2925 permitted current rating of the associated circuit. Selection of cables shall be in  
2926 accordance with IEC 60364-5-52. Examples on how to adapt this standard for  
2927 conditions inside an ASSEMBLY are given in Annex H. The cross-section of bars shall  
2928 be as tested or as given in Annex N. Where the device manufacturer specifies a  
2929 conductor with a larger cross-sectional area this shall be used;
- 2930 g) the temperature rise depending on the power loss installed in the enclosure for the  
2931 different installation methods (e.g. flush mounting, surface mounting), is:
- 2932 - available from the enclosure manufacturer;
- 2933 - determined in accordance with 10.10.4.2.2 or
- 2934 - in accordance with performance and installation criteria from the cooling equipment  
2935 manufacturer when active cooling (e.g. forced cooling, internal air conditioning, heat  
2936 exchanger etc.) is incorporated.

2937 The effective power losses of all circuits including interconnecting conductors shall be  
2938 calculated based on rated current of the circuits. The total power loss of the ASSEMBLY is  
2939 calculated by adding the power losses of the circuits taking additionally into account that the  
2940 total load current is limited to the rated current of the ASSEMBLY. The power losses of the  
2941 conductors are determined by calculation (see Annex H).

2942 NOTE 1 There are devices where the power loss is substantially proportional to  $I^2$  and others that have  
2943 substantially fixed losses.

2944 NOTE 2 Example: A single compartment ASSEMBLY with a rated current of 100 A (limited by the distribution  
2945 bars) is equipped with 20 outgoing circuits. The assumed rated current for each circuit is 8 A. The total effective  
2946 power loss should be calculated for 12 outgoing circuits loaded with 8 A each.

2947 The temperature rise within the ASSEMBLY is then determined from the total power loss using  
2948 the data mentioned in g).

#### 2949 **10.10.4.2.2 Determination of the power loss capability of an enclosure by test**

2950 The power loss shall be simulated by means of heating resistors that produce heat equivalent  
2951 to the intended power loss capability of the enclosure. The heating resistors shall be  
2952 distributed evenly over the height of the enclosure and installed in suitable places inside the  
2953 enclosure.

2954 The cross-section of the leads to these resistors shall be such that no appreciable amount of  
2955 heat is conducted away from the enclosure.

2956 The test shall be carried out in accordance with 10.10.2.3.1 – 10.10.2.3.4 and the air  
2957 temperature rise shall be measured in the top of the enclosure. Enclosure temperatures shall  
2958 not exceed the values given in Table 6.

#### 2959 **10.10.4.2.3 Results to be obtained**

2960 The ASSEMBLY is verified if the air temperature determined from the calculated power loss  
2961 does not exceed the permissible operating air temperature as declared by the device  
2962 manufacturer. This means for switching devices or electrical components in the main circuits  
2963 that the continuous load does not exceed its permissible load at the calculated air  
2964 temperature and not more than 80 % of its rated current (see 10.10.4.2.1 c).

#### 2965 **10.10.4.3 Multiple compartment ASSEMBLY with rated current not exceeding 1 600 A**

##### 2966 **10.10.4.3.1 Verification method**

2967 Verification of the temperature-rise of a multiple compartment ASSEMBLY with the total supply  
2968 current not exceeding 1 600 A and for rated frequencies up to and including 60 Hz, may be  
2969 made by calculation in accordance with the method of IEC 60890 if all the following conditions  
2970 are fulfilled:

- 2971 a) the power loss data for all built-in components is available from the component  
2972 manufacturer;

- 2973 b) there is an approximately even distribution of power losses inside the enclosure;
- 2974 c) the rated current of the circuits of the ASSEMBLY to be verified (see 10.10.1) shall not  
2975 exceed 80 % of the rated conventional free air thermal current ( $I_{th}$ ) of the switching  
2976 devices and electrical components included in the circuit. Circuit protection devices shall  
2977 be selected to ensure adequate protection to outgoing circuits, e.g. thermal motor  
2978 protection devices at the calculated temperature in the ASSEMBLY;
- 2979 d) the mechanical parts and the installed equipment are so arranged that air circulation is not  
2980 significantly impeded;
- 2981 e) conductors carrying currents in excess of 200 A, and the adjacent structural parts are so  
2982 arranged that eddy-current and hysteresis losses are minimised;
- 2983 f) all conductors shall have a minimum cross-sectional area based on 125 % of the  
2984 permitted current rating of the associated circuit. Selection of cables shall be in  
2985 accordance with IEC 60364-5-52. Examples on how to adapt this standard for conditions  
2986 inside an ASSEMBLY are given in Annex H. The cross-section of bars shall be as tested or  
2987 as given in Annex N. Where the device manufacturer specifies a conductor with a larger  
2988 cross-sectional area this shall be used;
- 2989 g) for enclosures with natural ventilation, the cross-section of the air outlet openings is at  
2990 least 1,1 times the cross section of the air inlet openings;
- 2991 h) there are no more than three horizontal partitions in the ASSEMBLY or a section of an  
2992 ASSEMBLY;
- 2993 i) for enclosures with compartments and natural ventilation the cross section of the  
2994 ventilating openings in each horizontal partition is at least 50 % of the horizontal cross  
2995 section of the compartment.

2996 The effective power losses of all circuits including interconnecting conductors shall be  
2997 calculated based on rated current of the circuits. The total power loss of the ASSEMBLY is  
2998 calculated by adding the power losses of the circuits taking additionally into account that the  
2999 total load current is limited to the rated current of the ASSEMBLY. The power losses of the  
3000 conductors are determined by calculation (see Annex H).

3001 NOTE 1 There are devices where the power loss is substantially proportional to  $I^2$  and others that have  
3002 substantially fixed losses.

3003 NOTE 2 Example: A single compartment ASSEMBLY with a rated current of 100 A (limited by the distribution  
3004 bars) is equipped with 20 outgoing circuits. The assumed rated current for each circuit is 8 A. The total effective  
3005 power loss should be calculated for 12 outgoing circuits loaded with 8 A each.

3006 The temperature rise within the ASSEMBLY is then determined from the total power loss using  
3007 the method of IEC 60890.

#### 3008 **10.10.4.3.2 Results to be obtained**

3009 The ASSEMBLY is verified if the calculated air temperature at the mounting height of any device  
3010 does not exceed the permissible ambient air temperature as declared by the device  
3011 manufacturer.

3012 This means for switching devices or electrical components in the main circuits that the  
3013 continuous load does not exceed its permissible load at the calculated local air temperature  
3014 and not more than 80 % of its rated current (see 10.10.4.3.1 c).

### 3015 **10.11 Short-circuit withstand strength**

#### 3016 **10.11.1 General**

3017 The short-circuit current ratings declared by the original manufacturer shall be verified except  
3018 where exempt, see 10.11.2. Verification may be, by comparison with a reference design  
3019 (10.11.3 and 10.11.4.) or by test as specified (10.11.5). For verification the following applies:

- 3020
- 3021 1) If the ASSEMBLY system to be verified comprises a number of variants, the most  
3022 onerous arrangement(s) of the ASSEMBLY shall be selected, taking into account the  
3023 rules in 10.11.3. The original manufacturer shall determine the reference design(s)  
3024 that will be used in 10.11.3 and 10.11.4

- 3025 2) The ASSEMBLY variants selected for test shall be verified according to 10.11.5.  
3026 3) When the ASSEMBLIES tested are the most onerous variants of the larger product range  
3027 of an ASSEMBLY system then the test results can be used to establish the ratings of  
3028 similar variants without further testing. Rules for such derivations are given in 10.11.3  
3029 and 10.11.4.

3030 **10.11.2 Circuits of ASSEMBLIES which are exempted from the verification of the short-**  
3031 **circuit withstand strength**

3032 A verification of the short-circuit withstand strength is not required for the following:

- 3033 1) ASSEMBLIES having a rated short-time withstand current (see 5.3.5) or rated conditional  
3034 short-circuit current (see 5.3.6) not exceeding 10 kA r.m.s.  
3035 2) ASSEMBLIES and circuits of ASSEMBLIES protected by current-limiting devices having a  
3036 cut-off current not exceeding 17 kA with the maximum allowable prospective short-  
3037 circuit current at the terminals of the incoming circuit of the ASSEMBLY.  
3038 3) Auxiliary circuits of ASSEMBLIES intended to be connected to transformers whose rated  
3039 power does not exceed 10 kVA for a rated secondary voltage of not less than 110 V,  
3040 or 1,6 kVA for a rated secondary voltage less than 110 V, and whose short-circuit  
3041 impedance is not less than 4 %.

3042 All other circuits shall be verified.

3043 **10.11.3 Verification by comparison with a reference design - utilising a check list**

3044 Verification is undertaken by comparison of the ASSEMBLY to be verified with an already tested  
3045 design using the check list provided in Table 13.

3046 Should any elements identified in the check list not comply with the requirements of the check  
3047 list and be marked 'NO', one of the following means of verification shall be used (see 10.11.4  
3048 and 10.11.5).

3049 **10.11.4 Verification by comparison with a reference design - utilising calculation**

3050 Assessment of the rated short-time withstand current of an ASSEMBLY and its circuits, by  
3051 calculation, shall be undertaken by a comparison of the ASSEMBLY to be assessed with an  
3052 ASSEMBLY, already verified by test. The assessment to verify the main circuits of an ASSEMBLY  
3053 shall be in accordance with Annex P. In addition each of the circuits of the ASSEMBLY to be  
3054 assessed shall meet the requirements of items 6, 8, 9 and 10 in Table 13.

3055 The data used, calculations made and comparison undertaken shall be recorded.

3056 If the assessment in accordance with Annex P is not passed or any of the items listed above  
3057 are not fulfilled then the ASSEMBLY and its circuits shall be verified by test in accordance with  
3058 10.11.5.

3059 **10.11.5 Verification by test**

3060 **10.11.5.1 Test arrangements**

3061 The ASSEMBLY or its parts as necessary to complete the test shall be mounted as in normal  
3062 use. It is sufficient to test a single functional unit if the remaining functional units are of the  
3063 same construction. Similarly it is sufficient to test a single busbar configuration if the  
3064 remaining busbar configurations are of the same construction. Table 13 provides clarification  
3065 on items not requiring additional tests.

3066 **10.11.5.2 Performance of the test – General**

3067 If the test circuit incorporates fuses, fuse-links with the maximum let-through current and, if  
3068 required, of the type indicated by the original manufacturer as being acceptable, shall be  
3069 used.

3070 The supply conductors and the short-circuit connections required for testing the ASSEMBLY  
3071 shall have sufficient strength to withstand short-circuits and be so arranged that they do not  
3072 introduce any additional stresses on the ASSEMBLY.

3073 Unless otherwise agreed, the test circuit shall be connected to the input terminals of the  
3074 ASSEMBLY. Three-phase ASSEMBLIES shall be connected on a three-phase basis.

3075 All parts of the equipment intended to be connected to the protective conductor in service,  
3076 including the enclosure, shall be connected as follows:

3077 1) for ASSEMBLIES suitable for use on three-phase four-wire systems (see also IEC 60038)  
3078 with an earthed star point and marked accordingly, to the neutral point of supply or to a  
3079 substantially inductive artificial neutral permitting a prospective fault current of at least  
3080 1500 A;

3081 2) for ASSEMBLIES also suitable for use in three-phase three-wire as well as on three-phase  
3082 four-wire systems and marked accordingly, to the phase conductor least likely to arc to  
3083 earth.

3084 Except for ASSEMBLIES according to 8.4.3.4, the connection mentioned in 1) and 2) shall  
3085 include a fusible element consisting of a copper wire of 0,8 mm diameter and at least 50 mm  
3086 long, or of an equivalent fusible element for the detection of a fault current. The prospective  
3087 fault current in the fusible element circuit shall be  $1\,500\text{ A} \pm 10\%$ , except as stated in Notes 2  
3088 and 3. If necessary, a resistor limiting the current to that value shall be used.

3089 NOTE 1 A copper wire of 0,8 mm diameter will melt at 1500 A, in approximately half a cycle, at a frequency  
3090 between 45 Hz and 67 Hz (or 0,01 s for d.c.).

3091 NOTE 2 The prospective fault current may be less than 1500 A in the case of small equipment, according to the  
3092 requirements of the relevant product standard, with a smaller diameter copper wire (see Note 4) corresponding to  
3093 the same melting time as in Note 1.

3094 NOTE 3 In the case of a supply having an artificial neutral, a lower prospective fault current may be accepted,  
3095 subject to the agreement of the ASSEMBLY Manufacturer, with a smaller diameter copper wire (see Note 4)  
3096 corresponding to the same melting time as in Note 1.

3097 NOTE 4 The relationship between the prospective fault current in the fusible element circuit and the diameter of  
3098 the copper wire is given in Table 14.

### 3099 **10.11.5.3 Testing of main circuits**

#### 3100 **10.11.5.3.1 General**

3101 Circuits shall be tested with the highest thermal and dynamic stresses that may result from  
3102 short circuit currents up to the rated values for one or more of the following conditions as  
3103 declared by the original manufacturer.

3104 a) Not dependent upon a SCPD. The ASSEMBLY shall be tested with the rated peak  
3105 withstand current and the rated short-time withstand current for the specified  
3106 duration (see 5.3 and 9.3.2 a)).

3107 b) Dependent upon an incoming SCPD included within the ASSEMBLY. The ASSEMBLY  
3108 shall be tested with an incoming prospective short-circuit current for a period of time  
3109 that is limited by the incoming SCPD.

3110 c) Dependent upon an upstream SCPD. The ASSEMBLY shall be tested to the let through  
3111 values permitted by the upstream SCPD as defined by the original manufacturer.

3112 Where an incoming or outgoing circuit includes a SCPD that reduces the peak and/or  
3113 duration of the fault current, then the circuit shall be tested allowing the SCPD to operate  
3114 and interrupt the fault current (see 5.3.6 rated conditional short-circuit current  $I_{cc}$ ). If the  
3115 SCPD contains an adjustable short-circuit release, then this shall be set to the maximum  
3116 allowed value (see 9.3.2, second paragraph).

3117 One of each type of circuit shall be subject to a short-circuit test as described in 10.11.5.3.2  
3118 to 10.11.5.3.5

#### 3119 **10.11.5.3.2 Outgoing circuits**

3120 The outgoing terminals of outgoing circuits shall be provided with a bolted short-circuit  
3121 connection. When the protective device in the outgoing circuit is a circuit-breaker, the test  
3122 circuit may include a shunting resistor in accordance with 8.3.4.1.2 b) of IEC 60947-1 in  
3123 parallel with the reactor used to adjust the short-circuit current.

3124 For circuit-breakers having a rated current up to and including 630 A, a conductor 0,75 m in  
3125 length having a cross-sectional area corresponding to the rated current (see Tables 11 and  
3126 12) shall be included in the test circuit. At the original manufacturer's discretion a shorter  
3127 connection than 0,75 m may be used.

3128 The switching device shall be closed and held closed in the manner normally used in service.  
3129 The test voltage shall then be applied once and,

3130 a) for a time sufficiently long to enable the short-circuit protective device in the  
3131 outgoing unit to operate to clear the fault and, in any case, for not less than 10  
3132 cycles (test voltage duration), or

3133 b) in cases where the outgoing circuit does not include a SCPD, for a magnitude and  
3134 duration as specified for the busbars by the original manufacturer. Testing of  
3135 outgoing circuits may also result in the operation of the incoming circuit SCPD.

### 3136 10.11.5.3.3 Incoming circuit and main busbars

3137 ASSEMBLIES containing main busbars shall be tested to prove the short-circuit withstand  
3138 strength of the main busbars and the incoming circuit including at least one joint where the  
3139 busbars are intended to be extendable. The short-circuit shall be placed such that the length  
3140 of main busbar included in the test is  $(2 \pm 0,4)$  m. For the verification of rated short-time  
3141 withstand current (see 5.3.5) and rated peak withstand current (see 5.3.4), this distance may  
3142 be increased and the test conducted at any convenient voltage providing the test current is  
3143 the rated value (see 10.11.5.4 b)). Where the design of the ASSEMBLY is such that the length  
3144 of the busbars to be tested is less than 1,6 m and the ASSEMBLY is not intended to be  
3145 extended, then the complete length of busbar shall be tested, the short-circuit being  
3146 established at the end of these busbars. If a set of busbars consists of different sections (as  
3147 regards cross-sections, center line spacing of the conductors, type and number of supports  
3148 per metre), each section shall be tested separately or concurrently, provided that the above  
3149 conditions are met.

### 3150 10.11.5.3.4 Connections to the supply side of outgoing units

3151 Where an ASSEMBLY contains conductors, including distribution busbars, if any, between a  
3152 main busbar and the supply side of outgoing functional units that do not fulfil the requirements  
3153 of 8.6.4 one circuit of each type shall be subject to an additional test.

3154 A short-circuit is obtained by bolted connections on the conductors connecting the busbars to  
3155 a single outgoing unit, as near as practicable to the terminals on the busbar side of the  
3156 outgoing unit. The value and duration of the short-circuit current shall be the same as that for  
3157 the main busbars.

### 3158 10.11.5.3.5 Neutral conductor

3159 If a neutral conductor exists within a circuit it shall be subjected to one test to prove its short-  
3160 circuit withstand strength in relation to the nearest phase conductor of the circuit under test  
3161 including any joints. Phase to neutral short-circuit connections shall be applied as specified in  
3162 10.11.5.3.3.

3163 Unless otherwise agreed between the original manufacturer and the User, the value of the  
3164 test current in the neutral shall be at least 60 % of the phase current during the three-phase  
3165 test.

3166 The test need not be executed if the test is intended to be made with a current of 60 % of the  
3167 phase current and if the neutral conductor is:

- 3168 – the same shape and cross-section as the phase conductors
- 3169 – supported in an identical manner as the phase conductors and with support centres  
3170 along the length of the conductor not greater than that of the phases;
- 3171 – spaced at a distance from the nearest phase(s) not less than that between phases;
- 3172 – spaced at a distance from earthed metalwork not less than the phase conductors.

3173 **10.11.5.4 Value and duration of the short-circuit current**

3174 For all short-circuit withstand ratings, the dynamic and thermal stresses shall be verified with  
3175 a prospective current, at the supply side of the specified protective device, if any, equal to the  
3176 value of the rated short-time withstand current, rated peak withstand current or rated  
3177 conditional short-circuit current assigned by the original manufacturer.

3178 For the verification of all the short-circuit withstand ratings (see 5.3.4 to 5.3.6 inclusive), the  
3179 value of the prospective short-circuit current at a test voltage equal to 1,05 times the rated  
3180 operational voltage shall be determined from a calibration oscillogram which is taken with the  
3181 supply conductors to the ASSEMBLY short-circuited by a connection of negligible impedance  
3182 placed as near as possible to the input supply of the ASSEMBLY. The oscillogram shall show  
3183 that there is a constant flow of current such that it is measurable at a time equivalent to the  
3184 operation of the protective device incorporated in the ASSEMBLY or for the specified duration  
3185 (see 9.3.2. a)).

3186 The value of current during the calibration is the average of the r.m.s. values of the a.c.  
3187 component in all phases. When making the tests at maximum operational voltage, the  
3188 calibration current in each phase shall be equal to the rated short-circuit current within a  
3189  $\begin{matrix} +5 \\ 0 \end{matrix}$  % tolerance and the power factor shall be within a  $\begin{matrix} 0,00 \\ -0,05 \end{matrix}$  tolerance.

3190 All tests shall be made at the rated frequency of the ASSEMBLY with a tolerance of  $\pm 25$  %, and  
3191 at the power factor appropriate to the short-circuit current in accordance with Table 7.

3192 a) For a test at rated conditional short circuit current  $I_{CC}$ , whether the protective  
3193 devices are in the incoming circuit of the ASSEMBLY or elsewhere, the test voltage  
3194 shall be applied for a time sufficiently long to enable the short-circuit protective  
3195 devices to operate to clear the fault and, in any case, for not less than 10 cycles.  
3196 The test shall be conducted at 1,05 times the rated operational voltage with  
3197 prospective short circuit currents, at the supply side of the specified protective  
3198 device, equal to the value of the rated conditional short-circuit current. Tests at  
3199 lower voltages are not permitted.

3200 NOTE In South Africa (ZA) National Electrical Code SANS 10142-1, Subclause 6.8, requires that  
3201 the supply voltage shall be equal to 1,1 times the nominal voltage where the rated operational  
3202 voltage is up to and including 500 V.

3203 b) For a test at rated short-time withstand current and rated peak withstand current,  
3204 the dynamic and thermal stresses shall be verified with a prospective current  
3205 equal to the value of rated short-time withstand current and rated peak withstand  
3206 current declared by the original manufacturer. The current shall be applied for the  
3207 specified time during which the r.m.s. value of its a.c. component shall remain  
3208 constant.

3209 In the case of test station difficulty of making the short-time or peak withstand tests at the  
3210 maximum operational voltage, the tests according to 10.11.5.3.3, 10.11.5.3.4 and 10.11.5.3.5  
3211 may be made at any convenient voltage, with the original manufacturer's agreement, the  
3212 actual test current being, in this case, equal to the rated short-time current or peak withstand  
3213 current. This shall be stated in the test report. If, however, momentary contact separation  
3214 occurs in the protective device, if any, during the test, the test shall be repeated at the  
3215 maximum operational voltage.

3216 If necessary, due to test limitations, a different test period is permissible; in such a case, the  
3217 test current should be modified in accordance with the formula  $I^2t = \text{constant}$ , provided that  
3218 the peak value does not exceed the rated peak withstand current without the Original  
3219 Manufacturer's consent and that the r.m.s. value of the short-time current is not less than the  
3220 rated value in at least one phase for at least 0,1 s after current initiation.

3221 The peak current withstand test and the short-time current test may be separated. In this  
3222 case, the time during which the short-circuit is applied for the peak current withstand test shall  
3223 be such that the value  $I^2t$  is not larger than the equivalent value for the short-time current  
3224 test, but it shall be not less than three cycles.

3225 Where the required test current in each phase cannot be achieved the positive tolerance may  
3226 be exceeded with the agreement of the original manufacturer.

3227 **10.11.5.5 Results to be obtained**

3228 After the test deformation of busbars and conductors is acceptable provided that the  
3229 clearances and creepage distances specified in 8.3 are still complied with. In case of any  
3230 doubt clearances and creepage distances shall be measured, (see 10.4).

3231 The characteristics of the insulation shall remain such that the mechanical and dielectric  
3232 properties of the equipment satisfy the requirements of the relevant ASSEMBLY standard. A  
3233 busbar insulator or support or cable restraint has not separated into two or more pieces. Also  
3234 there shall be no cracks appearing on opposite sides of a support and no cracks, including  
3235 surface cracks, running the full length or width of the support. In case of any doubt that the  
3236 insulation properties of the ASSEMBLY are not maintained an additional power frequency test at  
3237 two times  $U_e$  with a minimum of 1 000 V shall be performed in accordance with 10.9.2.

3238 There shall be no loosening of parts used for the connection of conductors and the  
3239 conductors shall not separate from the outgoing terminals.

3240 Distortion of the busbars or structure of the ASSEMBLY that impairs its normal use shall be  
3241 deemed a failure.

3242 Any distortion of the busbars or structure of the ASSEMBLY that impairs normal insertion or  
3243 removal of the removable parts shall be deemed a failure.

3244 Deformation of the enclosure or of the internal partitions, barriers and obstacles due to short-  
3245 circuit is permissible to the extent that the degree of protection is not apparently impaired  
3246 and the clearances or creepage distances are not reduced to values, which are less than  
3247 those specified in 8.3. Additionally after the tests of 10.11.5.3 incorporating short-circuit  
3248 protective devices, the tested equipment shall be capable of withstanding the dielectric test of  
3249 10.9.2, at a value of voltage for the "after test" condition prescribed in the relevant short-  
3250 circuit protective device standard for the appropriate short-circuit test, as follows:

- 3251 a) between all live parts and the exposed conductive parts of the ASSEMBLY, and  
3252 b) between each pole and all other poles connected to the exposed conductive parts of the  
3253 ASSEMBLY.

3254 If tests a) and b) above are conducted, they shall be carried out with any fuses replaced and  
3255 with any switching device closed.

3256 The fusible element (see 10.11.5.2.), if any, shall not indicate a fault current.

3257 In case of any doubt, it shall be checked that the apparatus incorporated in the ASSEMBLY are  
3258 in a condition as prescribed in the relevant specifications.

3259 **10.11.5.6 Testing of the protective circuit**

3260 **10.11.5.6.1 General**

3261 This test does not apply for circuits according to 10.11.2.

3262 A single-phase test supply shall be connected to the incoming terminal of one phase and to  
3263 the terminal for the incoming protective conductor. When the ASSEMBLY is provided with a  
3264 separate protective conductor, the nearest phase conductor shall be used. For each  
3265 representative outgoing unit, a separate test shall be made with a bolted short-circuit  
3266 connection between the corresponding outgoing phase terminal of the unit and the terminal  
3267 for the relevant outgoing protective conductor.

3268 Each outgoing unit on test shall be fitted with its intended protective device. Where alternative  
3269 protective devices can be incorporated in the outgoing unit, the protective device which lets  
3270 through the maximum values of peak current and  $I^2t$  shall be used.

3271 For this test, the frame of the ASSEMBLY shall be insulated from earth. The test voltage shall  
3272 be equal to 1,05 times the single-phase value of the rated operational voltage. Unless

3273 otherwise agreed between the original manufacturer and the user, the value of the test current  
3274 in the protective conductor shall be at least 60 % of the phase current during the three-phase  
3275 test of the ASSEMBLY.

3276 NOTE In South Africa (ZA) National Electrical Code SANS 10142-1, Subclause 6.8, requires that the supply voltage  
3277 shall be equal to 1,1 times the nominal voltage where the rated operational voltage is up to and including 500 V.

3278 All other conditions of this test shall be analogous to 10.11.5.2 to 10.11.5.4 inclusive.

#### 3279 **10.11.5.6.2 Results to be obtained**

3280 The continuity and the short-circuit withstand strength of the protective circuit, whether it  
3281 consists of a separate conductor or the frame, shall not be significantly impaired. Besides  
3282 visual inspection, this may be verified by measurements with a current in the order of the  
3283 rated current of the relevant outgoing unit. Deformation of the enclosure or of the internal  
3284 partitions, barriers and obstacles due to short-circuit is permissible to the extent that the  
3285 degree of protection is not apparently impaired and the clearances or creepage distances are  
3286 not reduced to values, which are less than those specified in 8.3.

3287 NOTE 1 Where the frame is used as a protective conductor, sparks and localized heating at joints are permitted,  
3288 provided they do not impair the electrical continuity and provided that adjacent flammable parts are not ignited.

3289 NOTE 2 A comparison of the resistances measured before and after the test, between the terminal for the  
3290 incoming protective conductor and the terminal for the relevant outgoing protective conductor, gives an indication  
3291 of conformity with this condition.

#### 3292 **10.12 Electromagnetic compatibility (EMC)**

3293 For EMC tests, see J.10.12.

#### 3294 **10.13 Mechanical operation**

3295 This verification test shall not be made on such devices of the ASSEMBLY which have already  
3296 been type tested according to their relevant product standard unless their mechanical  
3297 operation has been modified by their mounting.

3298 For parts, which need verification by test (see 8.1.6), satisfactory mechanical operation shall  
3299 be verified after installation in the ASSEMBLY. The number of operating cycles shall be 200.

3300 At the same time, the operation of the mechanical interlocks associated with these  
3301 movements shall be checked. The test is passed if the operating conditions of the apparatus,  
3302 interlocks, specified degree of protection etc., have not been impaired and if the effort  
3303 required for operation is practically the same as before the test.

### 3304 **11 Routine verification**

#### 3305 **11.1 General**

3306 Verification is intended to detect faults in materials and workmanship and to ascertain proper  
3307 functioning of the manufactured ASSEMBLY. It is made on each ASSEMBLY. The ASSEMBLY  
3308 Manufacturer shall determine if routine verification is carried out during and/or after  
3309 manufacture. Where appropriate, routine verification shall confirm that design verification is  
3310 available.

3311 Routine verification is not required to be carried out on devices and self-contained  
3312 components incorporated in the ASSEMBLY when they have been selected in accordance with  
3313 8.5.3 and installed in accordance with the instructions of the device manufacturer.

3314 Verification shall comprise the following categories:

3315 1) Construction (see 11.2 to 11.8):

3316 a) degree of protection of enclosures;

3317 b) clearances and creepage distances;

3318 c) protection against electric shock and integrity of protective circuits;

3319 d) incorporation of built-in components;

3320 e) internal electrical circuits and connections;

3321 f) terminals for external conductors;

3322 g) mechanical operation.

3323 2) Performance (see 11.9 to 11.10):

3324 a) dielectric properties;

3325 b) wiring, operational performance and function.

### 3326 **11.2 Degree of protection of enclosures**

3327 A visual inspection is necessary to confirm that the prescribed measures to achieve the  
3328 designated degree of protection are maintained.

### 3329 **11.3 Clearances and creepage distances**

3330 Where the clearances are:

3331 – less than the values given in Table 1, an impulse voltage withstand test in accordance  
3332 with 10.9.3 shall be carried out;

3333 – not evident by visual inspection to be larger than the values given in Table 1 (see  
3334 10.9.3.5) verification shall be by physical measurement or by an impulse voltage withstand  
3335 test in accordance with 10.9.3.

3336 The prescribed measures with regard to creepage distances (see 8.3.3) shall be subject to a  
3337 visual inspection. Where it is not evident by visual inspection verification shall be by physical  
3338 measurement.

### 3339 **11.4 Protection against electric shock and integrity of protective circuits**

3340 The prescribed protective measures with regard to basic protection and fault protection (see  
3341 8.4.2 and 8.4.3) shall be subject to a visual inspection.

3342 The protective circuits shall be checked by visual inspection to ascertain that the measures  
3343 prescribed in 8.4.3 are verified.

3344 Screwed and bolted connections shall be checked for the correct tightness on a random  
3345 basis.

### 3346 **11.5 Incorporation of built-in components**

3347 The installation and identification of built-in components shall be in accordance with the  
3348 ASSEMBLY manufacturing instructions.

### 3349 **11.6 Internal electrical circuits and connections**

3350 The connections, especially screwed and bolted connections, shall be checked for the correct  
3351 tightness on a random basis.

3352 Conductors shall be checked in accordance with the ASSEMBLY manufacturing instructions.

### 3353 **11.7 Terminals for external conductors**

3354 The number, type and identification of terminals shall be checked in accordance with the  
3355 ASSEMBLY manufacturing instructions.

### 3356 **11.8 Mechanical operation**

3357 The effectiveness of mechanical actuating elements, interlocks and locks including those  
3358 associated with removable parts shall be checked.

### 3359 **11.9 Dielectric properties**

3360 A power-frequency withstand test shall be performed on all circuits in accordance with 10.9.2  
3361 but for a duration of 1 s.

3362 This test need not be made on auxiliary circuits:

3363 – which are protected by a short-circuit protective device with a rating not exceeding 16 A;

3364 – if an electrical function test has been made previously at the rated operational voltage for  
3365 which the auxiliary circuits are designed.

3366 As an alternative for ASSEMBLIES with incoming protection rated up to 250 A the verification of  
3367 insulation resistance may be by measurement using an insulation measuring device at a  
3368 voltage of at least 500 V d.c.

3369 In this case, the test is satisfactory if the insulation resistance between circuits and exposed  
3370 conductive parts is at least 1 000  $\Omega/V$  per circuit referred to the supply voltage to earth of  
3371 these circuits.

3372 **11.10 Wiring, operational performance and function**

3373 It shall be verified that the information and markings specified in Clause 6 are complete.

3374 Depending on the complexity of the ASSEMBLY, it may be necessary to inspect the wiring and  
3375 to carry out an electrical function test. The test procedure and the number of tests depend on  
3376 whether or not the ASSEMBLY includes complicated interlocks, sequence control facilities, etc.

3377 NOTE In some cases, it may be necessary to make or repeat this test on site before putting the installation into  
3378 operation.

3379

**Table 1 – Minimum clearances in air <sup>a)</sup> (8.3.2)**

Rated impulse withstand voltage $U_{imp}$ kV	Minimum clearance mm
≤ 2,5	1,5
4,0	3,0
6,0	5,5
8,0	8,0
12,0	14,0

a) Based on inhomogeneous field conditions and pollution degree 3.

3380

**Table 2 – Minimum creepage distances (8.3.3)**

Rated insulation voltage $U_i$	Minimum creepage distance mm							
	Pollution degree							
	1	2			3			
	Material group <sup>c)</sup>	Material group <sup>c)</sup>			Material group <sup>c)</sup>			
$v^b)$	I	I	II	IIIa and IIIb	I	II	IIIa	IIIb
32	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
40	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8
50	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	1,9	1,9
63	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8	2	2
80	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	1,9	2,1	2,1
100	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	2	2,2	2,2
125	1,5	1,5	1,5	1,5	1,9	2,1	2,4	2,4
160	1,5	1,5	1,5	1,6	2	2,2	2,5	2,5
200	1,5	1,5	1,5	2	2,5	2,8	3,2	3,2
250	1,5	1,5	1,8	2,5	3,2	3,6	4	4
320	1,5	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5	5
400	1,5	2	2,8	4	5	5,6	6,3	6,3
500	1,5	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8,0	8,0
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	10
800	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5	
1 000	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16	a)
1 250	4,2	6,3	9	12,5	16	18	20	
1 600	5,6	8	11	16	20	22	25	

- a) Insulation of material group IIIb is not recommended for use in pollution degree 3 above 630 V.
- b) As an exception, for rated insulation voltages 127, 208, 415, 440, 660/690 and 830 V, creepage distances corresponding to the lower values 125, 200, 400, 630 and 800 V may be used.
- c) Material groups are classified as follows, according to the range of values of the comparative tracking index (CTI) (see 3.6.17):
- Material group I                    600 ≤ CTI
  - Material group II                  400 ≤ CTI < 600
  - Material group IIIa                175 ≤ CTI < 400
  - Material group IIIb                100 ≤ CTI < 175

NOTE The CTI values refer to the values obtained in accordance with IEC 60112, method A, for the insulating material used.

3381

**Table 3 – Cross-sectional area of a copper protective conductor (8.4.3.2.2)**

Rated operational current $I_e$ A	Minimum cross-sectional area of a protective conductor mm <sup>2</sup>
$I_e \leq 20$	$S^a)$
$20 < I_e \leq 25$	2,5
$25 < I_e \leq 32$	4
$32 < I_e \leq 63$	6
$63 < I_e$	10

a)  $S$  is the cross-sectional area of the phase conductor (mm<sup>2</sup>).

3382

3383

**Table 4 – Conductor selection and installation requirements (8.6.4)**

Type of conductor	Requirements
Bare conductors or single-core conductors with basic insulation, for example cables according to IEC 60227-3	Mutual contact or contact with conductive parts shall be avoided, for example by use of spacers
Single-core conductors with basic insulation and a maximum permissible conductor operating temperature of at least 90 °C, for example cables according to IEC 60245-3, or heat-resistant thermo-plastic (PVC) insulated cables according to IEC 60227-3	Mutual contact or contact with conductive parts is permitted where there is no applied external pressure. Contact with sharp edges shall be avoided. These conductors may only be loaded such that an operating temperature of 80 % of the maximum permissible conductor operating temperature is not exceeded
Conductors with basic insulation, for example cables according to IEC 60227-3, having additional secondary insulation, for example individually covered cables with shrink sleeving or individually run cables in plastic conduits	No additional requirements
Conductors insulated with a very high mechanical strength material, for example Ethylene Tetrafluoro Ethylene (ETFE) insulation, or double-insulated conductors with an enhanced outer sheath rated for use up to 3 kV, for example cables according to IEC 60502	
Single or multi-core sheathed cables, for example cables according to IEC 60245-4 or IEC 60227-4	

3384

3385

**Table 5 – Minimum terminal capacity for copper protective conductors (PE, PEN) (8.8)**

Cross-sectional area of phase conductors $S$ mm <sup>2</sup>	Minimum cross-sectional area of the corresponding protective conductor (PE, PEN) $S_p^a)$ mm <sup>2</sup>
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$35 < S \leq 400$	$S/2$
$400 < S \leq 800$	200
$800 < S$	$S/4$

a) Current in the neutral may be influenced where there are significant harmonics in the load. See 8.6.1.

3386

3387

**Table 6 – Temperature-rise limits (9.2)**

Parts of ASSEMBLIES	Temperature rise K
Built-in components <sup>a)</sup>	In accordance with the relevant product standard requirements for the individual components or, in accordance with the component manufacturer's instructions <sup>f)</sup> , taking into consideration the temperature in the ASSEMBLY
Terminals for external insulated conductors	70 <sup>b)</sup>
Busbars and conductors	Limited by <sup>f)</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>– mechanical strength of conducting material <sup>g)</sup>;</li> <li>– possible effect on adjacent equipment;</li> <li>– permissible temperature limit of the insulating materials in contact with the conductor;</li> <li>– effect of the temperature of the conductor on the apparatus connected to it;</li> <li>– for plug-in contacts, nature and surface treatment of the contact material</li> </ul>
Manual operating means: – of metal – of insulating material	15 <sup>c)</sup> 25 <sup>c)</sup>
Accessible external enclosures and covers: – metal surfaces – insulating surfaces	30 <sup>d)</sup> 40 <sup>d)</sup>
Discrete arrangements of plug and socket-type connections	Determined by the limit for those components of the related equipment of which they form part <sup>e)</sup>
<p>a) The term "built-in components" means:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– conventional switchgear and controlgear;</li> <li>– electronic sub-assemblies (e.g. rectifier bridge, printed circuit);</li> <li>– parts of the equipment (e.g. regulator, stabilized power supply unit, operational amplifier).</li> </ul> <p>b) The temperature-rise limit of 70 K is a value based on the conventional test of 10.10. An ASSEMBLY used or tested under installation conditions may have connections, the type, nature and disposition of which will not be the same as those adopted for the test, and a different temperature rise of terminals may result and may be required or accepted. Where the terminals of the built-in component are also the terminals for external insulated conductors, the lower of the corresponding temperature-rise limits shall be applied.</p> <p>c) Manual operating means within ASSEMBLIES which are only accessible after the ASSEMBLY has been opened, for example draw-out handles which are operated infrequently, are allowed to assume a 25 K increase on these temperature-rise limits.</p> <p>d) Unless otherwise specified, in the case of covers and enclosures, which are accessible but need not be touched during normal operation, a 10 K increase on these temperature-rise limits is permissible. External surfaces and parts over 2 m from the base of the ASSEMBLY are considered inaccessible.</p> <p>e) This allows a degree of flexibility in respect of equipment (e.g. electronic devices) which is subject to temperature-rise limits different from those normally associated with switchgear and controlgear.</p> <p>f) For temperature-rise tests according to 10.10 the temperature-rise limits have to be specified by the Original Manufacturer taking into account any additional measuring points and limits imposed by the component manufacturer.</p> <p>g) Assuming all other criteria listed are met a maximum temperature rise of 105 K for bare copper busbars and conductors shall not be exceeded.</p>	
<p>NOTE The 105 K relates to the temperature above which annealing of copper is likely to occur. Other materials may have a different maximum temperature rise.</p>	

3388

3389

**Table 7 – Values for the factor  $n$  <sup>a)</sup> (9.3.3)**

r.m.s. value of short-circuit current kA	$\cos \varphi$	$n$
$I \leq 5$	0,7	1,5
$5 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2

a) Values of this table represent the majority of applications. In special locations, for example in the vicinity of transformers or generators, lower values of power factor may be found, whereby the maximum prospective peak current may become the limiting value instead of the r.m.s. value of the short-circuit current.

3390

3391

**Table 8 – Power-frequency withstand voltage for main circuits (10.9.2)**

Rated insulation voltage $U_i$ (line to line a.c. or d.c.) V	Dielectric test voltage a.c. r.m.s. V	Dielectric test voltage <sup>b)</sup> d.c. V
$U_i \leq 60$	1 000	1 415
$60 < U_i \leq 300$	1 500	2 120
$300 < U_i \leq 690$	1 890	2 670
$690 < U_i \leq 800$	2 000	2 830
$800 < U_i \leq 1 000$	2 200	3 110
$1 000 < U_i \leq 1 500$ <sup>a)</sup>	-	3 820

a) For d.c. only.  
b) Test voltages based on 4.1.2.3.1, third paragraph, of IEC 60664-1.

3392

3393

**Table 9 – Power-frequency withstand voltage for auxiliary and control circuits (10.9.2)**

Rated insulation voltage $U_i$ (line to line) V	Dielectric test voltage a.c. r.m.s. V
$U_i \leq 12$	250
$12 < U_i \leq 60$	500
$60 < U_i$	See Table 8

3394

3395

**Table 10 – Impulse withstand test voltages (10.9.3)**

Rated impulse withstand voltage $U_{imp}$ kV	Test voltages and corresponding altitudes during test									
	$U_{1,2/50}$ , a.c. peak and d.c. kV					a.c. r.m.s. kV				
	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m	Sea level	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m
2,5	2,95	2,8	2,8	2,7	2,5	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8
4,0	4,8	4,8	4,7	4,4	4,0	3,4	3,4	3,3	3,1	2,8
6,0	7,3	7,2	7,0	6,7	6,0	5,1	5,1	5,0	4,7	4,2
8,0	9,8	9,6	9,3	9,0	8,0	6,9	6,8	6,6	6,4	5,7
12,0	14,8	14,5	14,0	13,3	12,0	10,5	10,3	9,9	9,4	8,5

3396

3397

**Table 11 – Copper test conductors for rated currents up to 400 A inclusive (10.10.2.3.2)**

Range of rated current <sup>a)</sup>		Conductor cross-sectional area <sup>b), c)</sup>	
		mm <sup>2</sup>	AWG/MCM
A			
0	8	1,0	18
8	12	1,5	16
12	15	2,5	14
15	20	2,5	12
20	25	4,0	10
25	32	6,0	10
32	50	10	8
50	65	16	6
65	85	25	4
85	100	35	3
100	115	35	2
115	130	50	1
130	150	50	0
150	175	70	00
175	200	95	000
200	225	95	0000
225	250	120	250
250	275	150	300
275	300	185	350
300	350	185	400
350	400	240	500

a) The value of the rated current shall be greater than the first value in the first column and less than or equal to the second value in that column.  
b) For convenience of testing and with the Manufacturer's consent, smaller test conductors than those given for a stated rated current may be used.  
c) Either of the two conductors specified may be used.

3398

3399

3400

**Table 12 – Copper test conductors for rated currents from 400 A to 4 000 A (10.10.2.3.2)**

Range of rated current <sup>a)</sup>	Test conductors			
	Cables		Copper bars <sup>b)</sup>	
	Quantity	Cross-sectional area mm <sup>2</sup>	Quantity	Dimensions mm (W × D)
A				
400 to 500	2	150	2	30 × 5
500 to 630	2	185	2	40 × 5
630 to 800	2	240	2	50 × 5
800 to 1 000			2	60 × 5
1 000 to 1 250			2	80 × 5
1 250 to 1 600			2	100 × 5
1 600 to 2 000			3	100 × 5
2 000 to 2 500			4	100 × 5
2 500 to 3 150			3	100 × 10
3 150 to 4 000			4	100 × 10

a) The value of the rated current shall be greater than the first value and less than or equal to the second value.  
b) Bars are assumed to be arranged with their long faces (W) vertical. Arrangements with long faces horizontal may be used if specified by the manufacturer.

3401

3402  
3403

**Table 13 – Short-circuit verification by comparison with a reference design:  
check list (10.11.3 and 10.11.4)**

Item No.	Requirements to be considered	YES	NO
1	Is the short-circuit withstand rating of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed, less than or equal to, that of the reference design?		
2	Is the cross-sectional dimensions of the busbars and connections of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed, greater than or equal to, those of the reference design?		
3	Is the center line spacing of the busbars and connections of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed, greater than or equal to, those of the reference design?		
4	Are the busbar supports of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed of the same type, shape and material and have, the same or smaller center line spacing, along the length of the busbar as the reference design? And is the mounting structure for the busbar supports of the same design and mechanical strength?		
5	Are the material and the material properties of the conductors of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed the same as those of the reference design?		
6	Are the short-circuit protective devices of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed equivalent, that is of the same make and series <sup>a)</sup> with the same or better limitation characteristics ( $I^2 t$ , $I_{pk}$ ) based on the device manufacturer's data, and with the same arrangement as the reference design?		
7	Is the length of unprotected live conductors, in accordance with 8.6.4, of each non-protected circuit of the ASSEMBLY to be assessed less than or equal to those of the reference design?		
8	If the ASSEMBLY to be assessed includes an enclosure, did the reference design include an enclosure when verified by test?		
9	Is the enclosure of the ASSEMBLY to be assessed of the same design, type and have at least the same dimensions to that of the reference design?		
10	Are the compartments of each circuit of the ASSEMBLY to be assessed of the same mechanical design and at least the same dimensions as those of the reference design?		
<p>'YES' to all requirements – no further verification required. 'NO' to any one requirement – further verification is required, see 10.11.4 and 10.11.5.</p>			
<p>a) Short-circuit protective devices of the same manufacturer but of a different series may be considered equivalent where the device manufacturer declares the performance characteristics to be the same or better in all relevant respects to the series used for verification, e.g. breaking capacity and limitation characteristics (<math>I^2 t</math>, <math>I_{pk}</math>), and critical distances.</p>			

3404

3405  
3406

**Table 14 – Relationship between prospective fault current  
and diameter of copper wire**

Diameter of copper wire mm	Prospective fault current in the fusible element circuit A
0,1	50
0,2	150
0,3	300
0,4	500
0,5	800
0,8	1 500

3407

3408  
3409  
3410  
3411  
3412  
3413

**Annex A**  
(normative)

**Minimum and maximum cross-section of copper conductors suitable  
for connection to terminals for external conductors  
(see 8.8)**

3414 The following table applies for the connection of one copper cable per terminal.

3415 **Table A.1 – Cross-section of copper conductors suitable for connection**  
3416 **to terminals for external conductors**

Rated current	Solid or stranded conductors		Flexible conductors	
	Cross-sections		Cross-sections	
	min.	max.	min.	max.
A	mm <sup>2</sup>		mm <sup>2</sup>	
6	0,75	1,5	0,5	1,5
8	1	2,5	0,75	2,5
10	1	2,5	0,75	2,5
13	1	2,5	0,75	2,5
16	1,5	4	1	4
20	1,5	6	1	4
25	2,5	6	1,5	4
32	2,5	10	1,5	6
40	4	16	2,5	10
63	6	25	6	16
80	10	35	10	25
100	16	50	16	35
125	25	70	25	50
160	35	95	35	70
200	50	120	50	95
250	70	150	70	120
315	95	240	95	185

If the external conductors are connected directly to built-in apparatus, the cross-sections indicated in the relevant specifications are valid.

In cases where it is necessary to provide for conductors other than those specified in the table, special agreement shall be reached between the ASSEMBLY manufacturer and the user.

3417

3418  
3419  
3420  
3421  
3422  
3423

**Annex B**  
(normative)

**Method of calculating the cross-sectional area of protective conductors with regard to thermal stresses due to currents of short duration**

3424 The following formula shall be used to calculate the cross-section of the protective conductors  
3425 necessary to withstand the thermal stresses due to currents with a duration of the order of  
3426 0,2 s to 5 s.

3427 
$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$$

3428 where

3429  $S_p$  is the cross-sectional area, in square millimetres;

3430  $I$  is the value (r.m.s.) of a.c. fault current for a fault of negligible impedance which can  
3431 flow through the protective device, in amperes;

3432  $t$  is the operating time of the disconnecting device, in seconds;

3433 NOTE Account should be taken of the current-limiting effect of the circuit impedances and the limiting capability  
3434 (Joule integral) of the protective device.

3435  $k$  is the factor dependent on the material of the protective conductor, the insulation and  
3436 other parts and the initial and final temperatures, see Table B.1.

3437 **Table B.1 – Values of  $k$  for insulated protective conductors not incorporated in cables,**  
3438 **or bare protective conductors in contact with cable covering**

	Insulation of protective conductor or cable covering		
	Thermo-plastic (PVC)	XLPE EPR Bare conductors	Butyl rubber
Final temperature	160 °C	250 °C	220 °C
	Factor $k$		
Material of conductor:			
Copper	143	176	166
Aluminium	95	116	110
Steel	52	64	60
The initial temperature of the conductor is assumed to be 30 °C.			

3439

3440 More detailed information is to be found in IEC 60364-5-54.

3441  
3442  
3443  
3444

## Annex C (informative)

### User information template

3445 This annex is intended as a template for the identification of items necessary for the  
3446 ASSEMBLY manufacturer which is to be provided by the User.

3447 It is intended to be used and developed in the relevant ASSEMBLY standards.

3448

**Table C.1 – Template**

User defined characteristics	Reference clause or subclause	Default arrangement b)	Options listed in standard	User requirement a)
<b>Electrical system</b>				
Earthing system	5.5, 8.4.3.1, 8.4.3.2.3, 8.6.2, 10.5, 11.4	Manufacturer's standard, selected to suit local requirements	TT / TN-C / TN-C-S / IT, TN-S	
Nominal voltage of the power supply (V)	3.8.8.1, 5.2.1, 8.5.3	Local, according to installation conditions	max 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c.	
Transient overvoltages	5.2.4, 8.5.3, 9.1, Annex G	Determined by the electrical system	Overvoltage category I / II / III / IV	
Temporary overvoltages	9.1	Nominal system voltage + 1200 V	None	
Rated frequency $f_n$ (Hz)	3.8.11, 5.4, 8.5.3, 10.10.2.3, 10.11.5.4	According to local installation conditions	d.c./50 Hz/60 Hz	
Additional on site testing requirements: wiring, operational performance and function	11.10	Manufacturer's standard, according to application	None	
<b>Short circuit withstand capability</b>				
Prospective short-circuit current at supply terminals $I_{cp}$ (kA)	3.8.6	Determined by the electrical system	None	
Prospective short-circuit current in the neutral	10.11.5.3.5	Max. 60 % of phase values	None	
Prospective short-circuit current in the protective circuit	10.11.5.6	Max. 60 % of phase values	None	
SCPD in the incoming functional unit requirement	9.3.2	According to local installation conditions	Yes / No	
Co-ordination of short-circuit protective devices including external short-circuit protective device details.	9.3.4	According to local installation conditions	None	
Data associated with loads likely to contribute to the short-circuit current	9.3.2	No loads likely to make a significant contribution allowed for	None	
<b>Protection of persons against electric shock in accordance with IEC 60364-4-41</b>				
Type of protection against electric shock – Basic protection (protection against direct contact)	8.4.2	Basic protection	According to local installation regulations	
Type of protection against electric	8.4.3	According to local installation	Automatic disconnection of	

**E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08**  
**FprEN 61439-1:2010**

<b>User defined characteristics</b>	<b>Reference clause or subclause</b>	<b>Default arrangement b)</b>	<b>Options listed in standard</b>	<b>User requirement a)</b>
shock – Fault protection (protection against indirect contact)		conditions	supply / Electrical separation / Total insulation	

User defined characteristics	Reference clause or subclause	Default arrangement b)	Options listed in standard	User requirement a)
<b>Installation environment</b>				
Location type	3.5, 8.1.4, 8.2	Manufacturer's standard, according to application	Indoor / outdoor	
Protection against ingress of solid foreign bodies and ingress of water	8.2.2, 8.2.3	Indoor (enclosed): IP 2X  Outdoor (min.): IP 23	IP 00, 2X, 3X, 4X, 5X, 6X  After removal of removable parts: As for connected position / Reduced protection to Manufacturer's standard	
External mechanical impact (IK)	8.2.1, 10.2.6	None	None	
Resistance to UV radiation (applies for outdoor assemblies only unless specified otherwise)	10.2.4	Indoor: Not applicable. Outdoor: Temperate climate		
Resistance to corrosion	10.2.2	Normal Indoor/Outdoor arrangements		
Ambient air temperature – Lower limit	7.1.1	Indoor: –5 °C Outdoor: –25 °C	None	
Ambient air temperature – Upper limit	7.1.1	40 °C	None	
Ambient air temperature – Daily average maximum	7.1.1, 9.2	35 °C	None	
Maximum relative humidity	7.1.2	Indoor: 50 % @ 40 °C Outdoor: 100 % @ 25 °C	None	
Pollution degree	7.1.3	Industrial: 3	1, 2, 3	
Altitude	7.1.4	≤ 2 000 m		
EMC environment (A or B)	9.4, 10.12, Annex J	A/B	A/B	
Special service conditions (e.g. vibration, exceptional condensation, heavy pollution, corrosive environment, strong electric or magnetic fields, fungus, small creatures, explosion hazards, heavy vibration and shocks, earthquakes)	7.2, 8.5.4, 9.3.3 Table 7,	No special service conditions		
<b>Installation method</b>				
Type	3.3, 5.5	Manufacturer's standard	Various e.g. floor standing / wall mounted	
Stationary/Movable	3.5	Stationary	Stationary / movable	
Maximum overall dimensions and weight	6.2.1	Manufacturer's standard, according to application		
External conductor type(s)	8.8	Manufacturer's standard	Cable / Busbar Trunking System	
Direction(s) of external conductors	8.8	Manufacturer's		

E DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2010-08  
 FprEN 61439-1:2010

User defined characteristics	Reference clause or subclause	Default arrangement b)	Options listed in standard	User requirement a)
		standard		
External conductor material	8.8	Copper	Copper / aluminium	
External phase conductor, cross sections, and terminations	8.8	As defined within the standard,		
External PE, N, PEN conductors cross sections, and terminations	8.8	As defined within the standard,		
Special terminal identification requirements	8.8	Manufacturer's standard		
<b>Storage and handling</b>				
Maximum dimensions and weight of transport units	6.2.2, 10.2.5	Manufacturer's standard		
Methods of transport (e.g. forklift, crane)	6.2.2, 8.1.7	Manufacturer's standard		
Environmental conditions different from the service conditions	7.3	As service conditions		
Packing details	6.2.2	Manufacturer's standard		

User defined characteristics	Reference clause or subclause	Default arrangement b)	Options listed in standard	User requirement a)
<b>Operating arrangements</b>				
Access to manually operated devices	8.4		Authorized persons / Ordinary persons	
Location of manually operated devices	8.5.5	Easily accessible		
Isolation of load installation equipment items	8.4.2, 8.4.3.3, 8.4.6.2	Manufacturer's standard	Individual / groups / all	
<b>Maintenance and upgrade capabilities</b>				
Requirements related to accessibility in service by ordinary persons; requirement to operate devices or change components while the ASSEMBLY is energised	8.4.6.1	Basic protection		
Requirements related to accessibility for inspection and similar operations	8.4.6.2.2	No requirements for accessibility		
Requirements related to accessibility for maintenance in service by authorized persons	8.4.6.2.3	No requirements for accessibility		
Requirements related to accessibility for extension in service by authorized persons	8.4.6.2.4	No requirements for accessibility		
Method of functional units connection	8.5.1, 8.5.2	Manufacturer's standard		
Protection against direct contact with hazardous live internal parts during maintenance or upgrade (e.g. functional units, main busbars, distribution busbars)	8.4	No requirements for protection during maintenance or upgrade		
<b>Current carrying capability</b>				
Rated current of the ASSEMBLY $I_{nA}$ (amps)	3.8.9.1, 5.3, 8.4.3.2.3, 8.5.3, 8.8, 10.10.2, 10.10.3, 10.11.5, Annex E	Manufacturer's standard, according to application		
Rated current of circuits $I_{nC}$ (amps)	5.3.2	Manufacturer's standard, according to application		
Rated diversity factor	5.3.3, 10.10.2.3, Annex E	As defined within the standard	RDF for groups of circuits / RDF for whole ASSEMBLY	
Ratio of cross section of the neutral conductor to phase conductors: phase conductors up to and including 16 mm <sup>2</sup>	8.6.1	100 %		
Ratio of cross section of the neutral conductor to phase conductors: phase conductors above 16 mm <sup>2</sup>	8.6.1	50 % (min. 16 mm <sup>2</sup> )		
a) For exceptionally onerous applications, the user may need to specify more stringent requirements to those in the standard.				
b) In some cases information declared by the ASSEMBLY manufacturer may take the place of an agreement.				

3450  
3451  
3452  
3453  
3454

**Annex D**  
(informative)

**Design verification**

**Table D.1 – List of design verifications to be performed**

No.	Characteristic to be verified	Clauses or subclauses	Verification options available		
			Testing	Comparison with a reference design	Assessment
1	Strength of material and parts:	10.2			
	Resistance to corrosion	10.2.2	YES	NO	NO
	Properties of insulating materials:	10.2.3			
	Thermal stability	10.2.3.1	YES	NO	NO
	Resistance to abnormal heat and fire due to internal electric effects	10.2.3.2	YES	NO	NO
	Resistance to ultra-violet (UV) radiation	10.2.4	YES	NO	NO
	Lifting	10.2.5	YES	NO	NO
2	Degree of protection of enclosures	10.3	YES	NO	YES
3	Clearances	10.4	NO	NO	YES
4	Creepage distances	10.4	YES	NO	YES
5	Protection against electric shock and integrity of protective circuits:	10.5			
	Effective continuity between the exposed conductive parts of the ASSEMBLY and the protective circuit	10.5.2	YES	NO	NO
	Short-circuit withstand strength of the protective circuit	10.5.3	YES	YES	YES
6	Incorporation of switching devices and components	10.6	NO	NO	YES
7	Internal electrical circuits and connections	10.7	NO	NO	YES
8	Terminals for external conductors	10.8	NO	NO	YES
9	Dielectric properties:	10.9			
	Power-frequency withstand voltage	10.9.2	YES	NO	NO
	Impulse withstand voltage	10.9.3	YES	NO	YES
10	Temperature-rise limits	10.10	YES	YES	YES
11	Short-circuit withstand strength	10.11	YES	YES	YES
12	Electromagnetic compatibility (EMC)	10.12	YES	NO	YES
13	Mechanical operation	10.13	YES	NO	NO

3455  
3456  
3457  
3458  
3459

## **Annex E** (informative)

### **Rated diversity factor**

#### **E.1 General**

3461 All circuits within an ASSEMBLY are individually capable of carrying their rated current, in  
3462 accordance with 5.3.2, continuously but, the current carrying capacity of any circuit may be  
3463 influenced by adjacent circuits. Thermal interaction can result in heat being imported from, or  
3464 exported to, circuits in close proximity. Cooling air available to a circuit may be at a  
3465 temperature well in excess of the ambient due to the influence of other circuits.

3466 In practise, not all circuits within an ASSEMBLY are normally required to carry rated current  
3467 continuously and simultaneously. Within a typical application the type and nature of loads  
3468 differ appreciably. Some circuits will be rated on the basis of inrush currents and intermittent  
3469 or short duration loads. A number of circuits may be heavily loaded while others are lightly  
3470 loaded or switched off.

3471 To provide ASSEMBLIES in which all circuits can be operated at rated current continuously is  
3472 therefore unnecessary and would be an inefficient use of materials and resources. This  
3473 standard recognises the practical requirements of ASSEMBLIES through the assignment of a  
3474 rated diversity factor as defined in 3.8.10.

3475 By stating a rated diversity factor, the ASSEMBLY manufacturer is specifying the 'average'  
3476 loading conditions for which the ASSEMBLY is designed. The rated diversity factor confirms the  
3477 per unit value of rated current to which all the outgoing circuits, or a group of outgoing  
3478 circuits, within the ASSEMBLY, can be continuously and simultaneously loaded. In ASSEMBLIES  
3479 where the total of the rated currents of the outgoing circuits operating at rated diversity factor  
3480 exceeds the capacity of the incoming circuit, the diversity factor applies to any combination of  
3481 outgoing circuits used to distribute the incoming current.

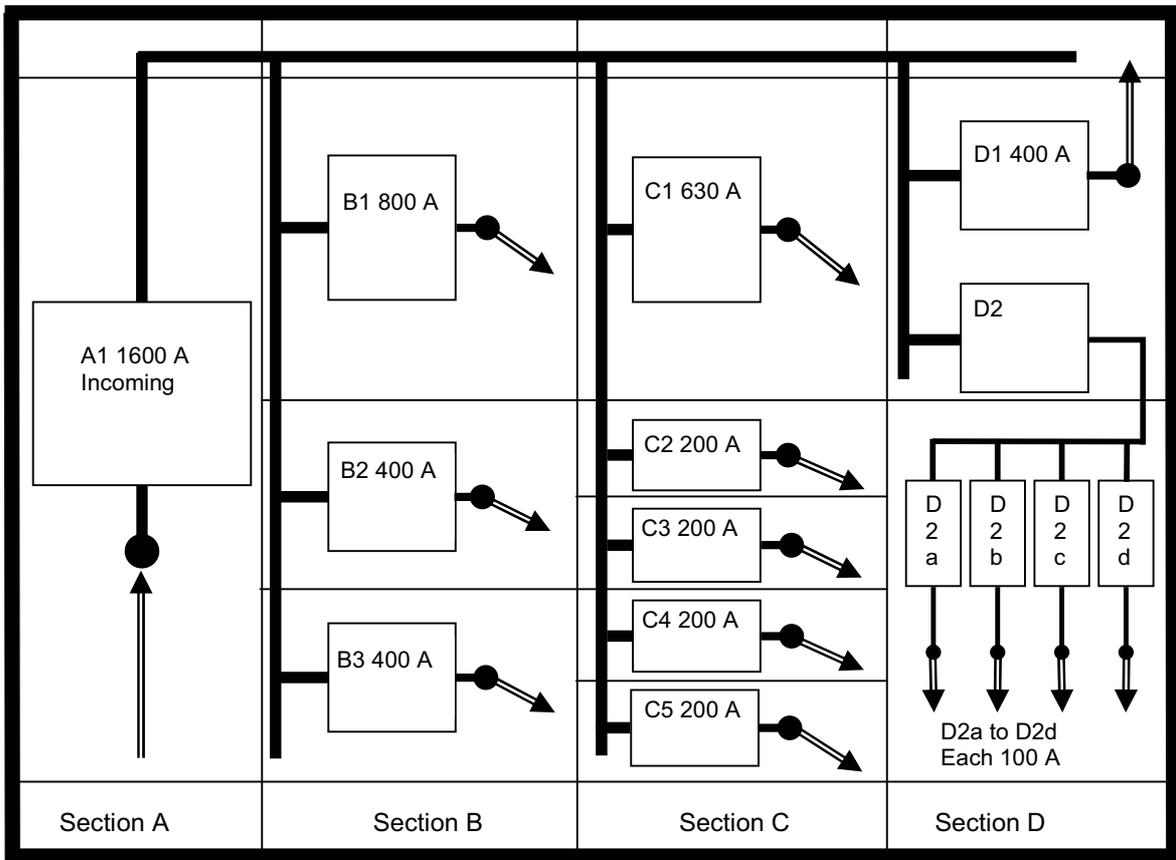
#### **E.2 Rated diversity factor of an ASSEMBLY**

3482 The rated diversity factor of an ASSEMBLY is specified in 5.3.3. For the typical ASSEMBLY shown  
3483 in Figure E.1, examples of the multitude of loading arrangements for a diversity factor of 0,8  
3484 are given in Table E.1 and shown in Figures E.2 to E.5.

#### **E.3 Rated diversity factor of a group of outgoing circuits**

3487 In addition to stating the rated diversity factor for a complete ASSEMBLY, an ASSEMBLY  
3488 manufacturer may specify a different diversity factor for a group of related circuits within an  
3489 ASSEMBLY. Subclause 5.3.3 specifies the rated diversity factor for a group of outgoing circuits.

3490 Tables E.2 and E.3 give examples of a diversity factor of 0,9 for a section and subdistribution  
3491 board within the typical ASSEMBLY shown in Figure E.1.



IEC 2046/08

3492  
 3493  
 3494

3495

Functional unit – Rated current ( $I_n$ ) shown <sup>a</sup>

3496  
 3497

<sup>a</sup> The rated current of the functional unit (the circuit) in the ASSEMBLY may be less than the rated current of the device.

3498

**Figure E.1 – Typical ASSEMBLY**

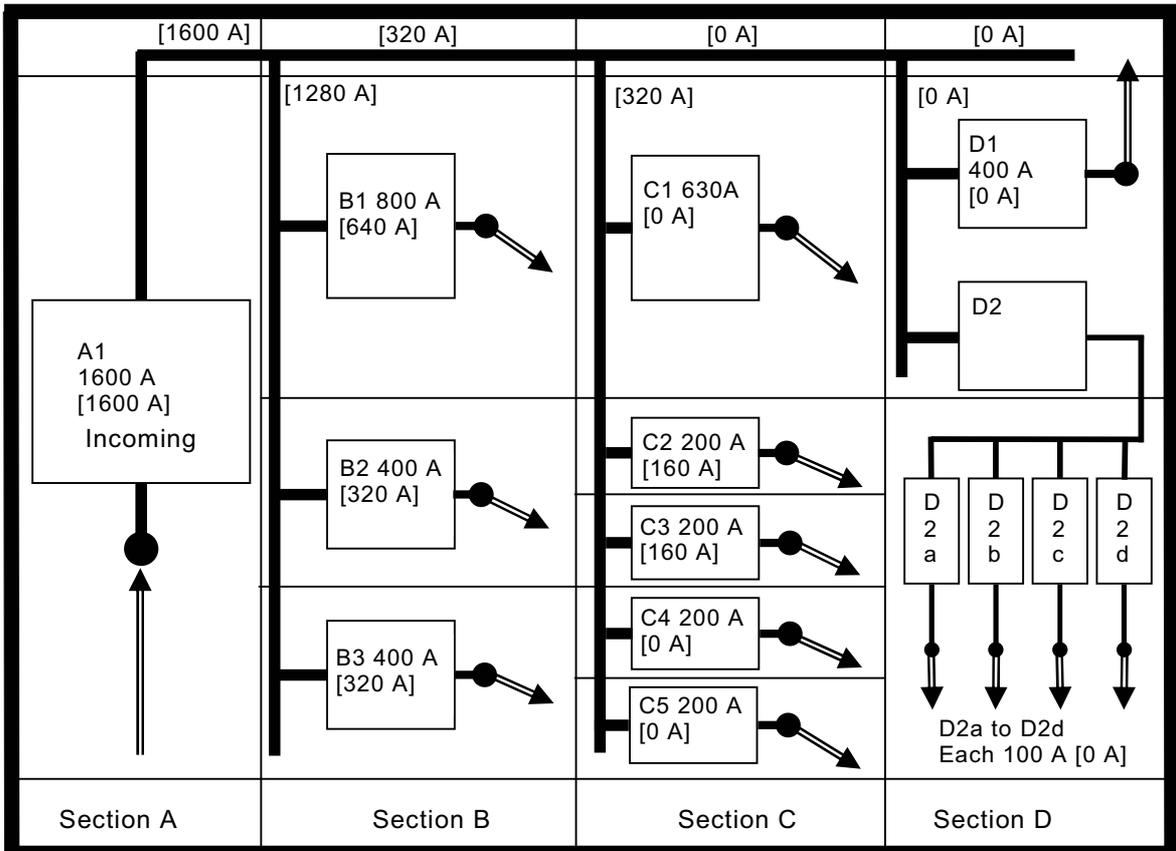
3499

3500

Table E.1 – Examples of loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8

Functional unit		A1	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2a	D2b	D2c	D2d
		<b>Current (A)</b>													
<b>Functional unit - rated current (<math>I_n</math>)<sup>b</sup> (See Figure E.1)</b>		1600	800	400	400	630	200	200	200	200	400	100	100	100	100
<b>Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8</b>	Example 1 Fig. E.2	1600	640	320	320	0	160	160	0	0	0	0	0	0	0
	Example 2 Fig. E.3	1600	640	0	0	504	136 <sup>a</sup>	0	0	0	320	0	0	0	0
	Example 3 Fig. E.4	1600	456 <sup>a</sup>	0	0	504	160	160	160	160	0	0	0	0	0
	Example 4 Fig. E.5	1600	0	0	0	504	160	160	136 <sup>a</sup>	0	320	80	80	80	80
<sup>a</sup> Balance current to load incoming circuit to its rated current. <sup>b</sup> The rated current of the functional unit (the circuit) in the ASSEMBLY may be less than the rated current of the device.															

3505



3506  
3507

IEC 2047/08

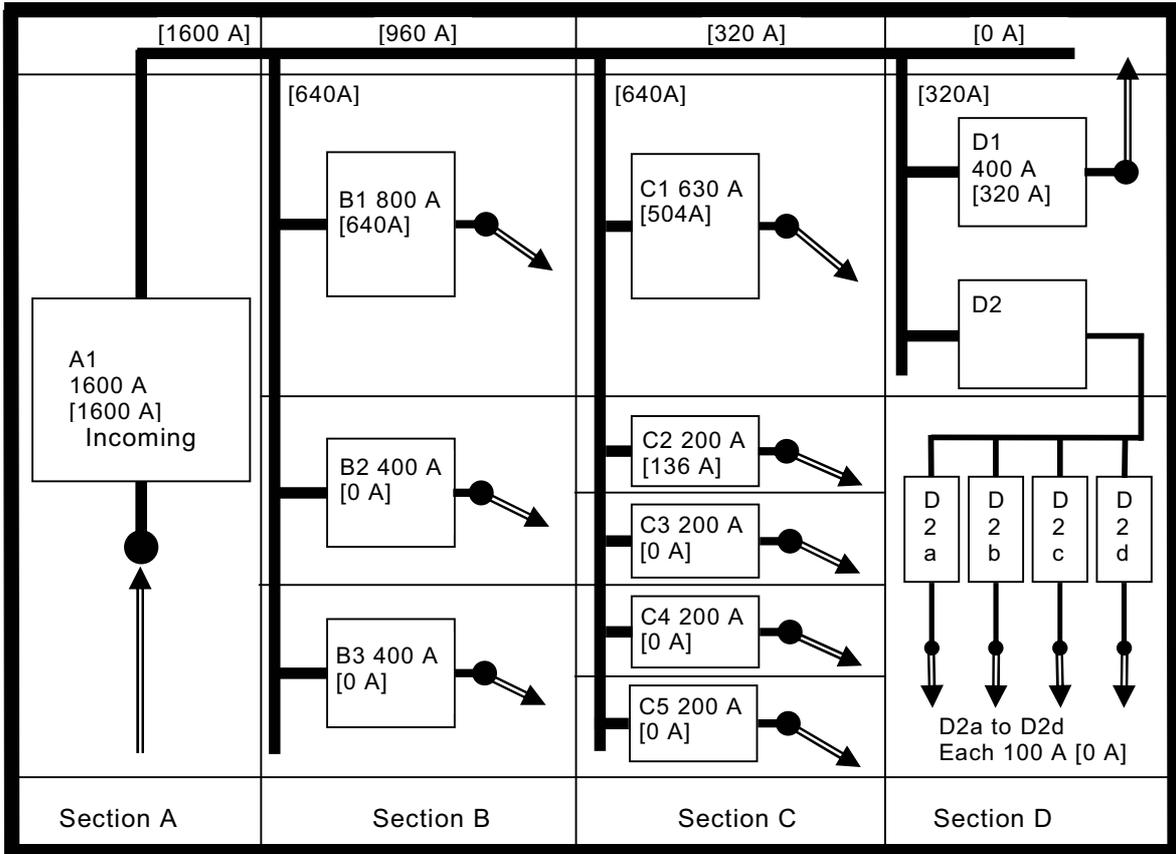
3508  
3509

Actual loading is indicated by the figures in brackets e.g. [640 A].  
 Busbar section loading is indicated by the figure in brackets e.g. [320 A].

3510  
3511

**Figure E.2 – Example 1: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8**

3512



3513  
3514

IEC 2048/08

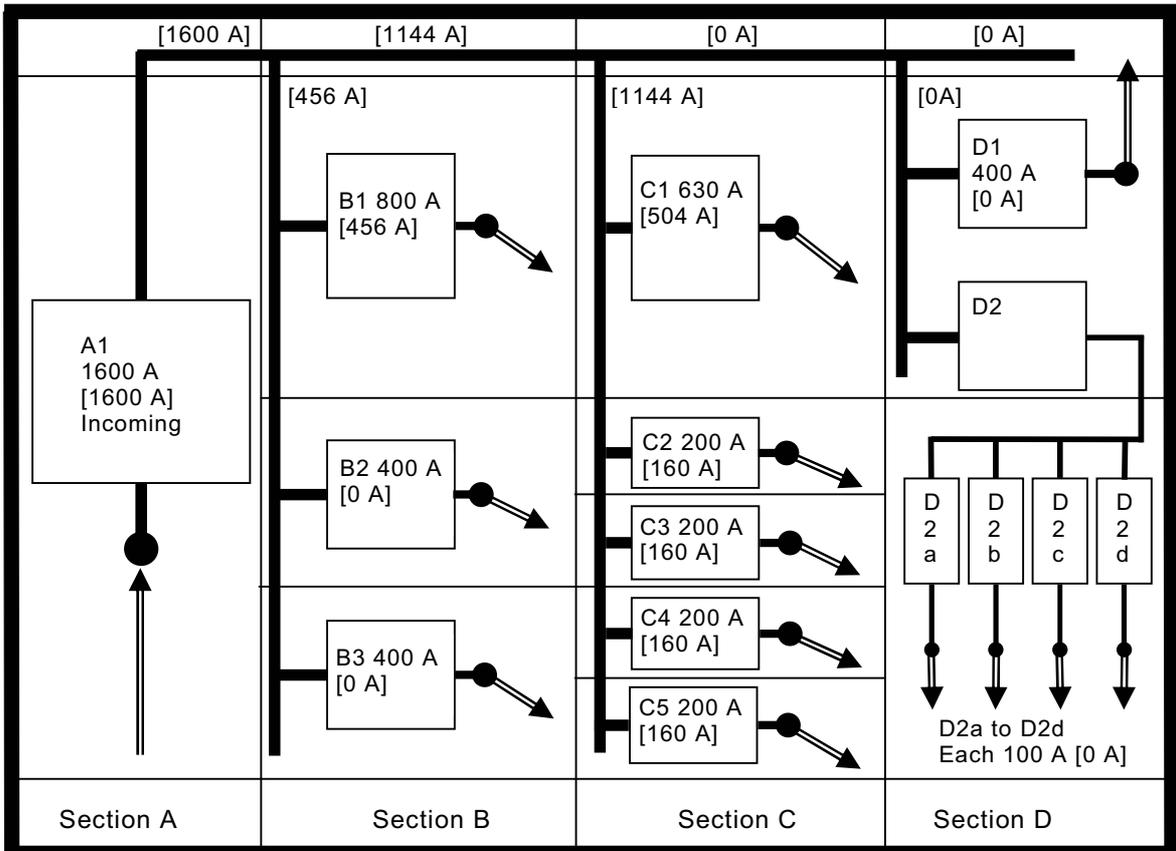
3515  
3516

Actual loading is indicated by the figures in brackets e.g. [640 A].  
Busbar section loading is indicated by the figure in brackets e.g. [320 A].

3517  
3518

**Figure E.3 – Example 2: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8**

3519



3520  
3521

IEC 2049/08

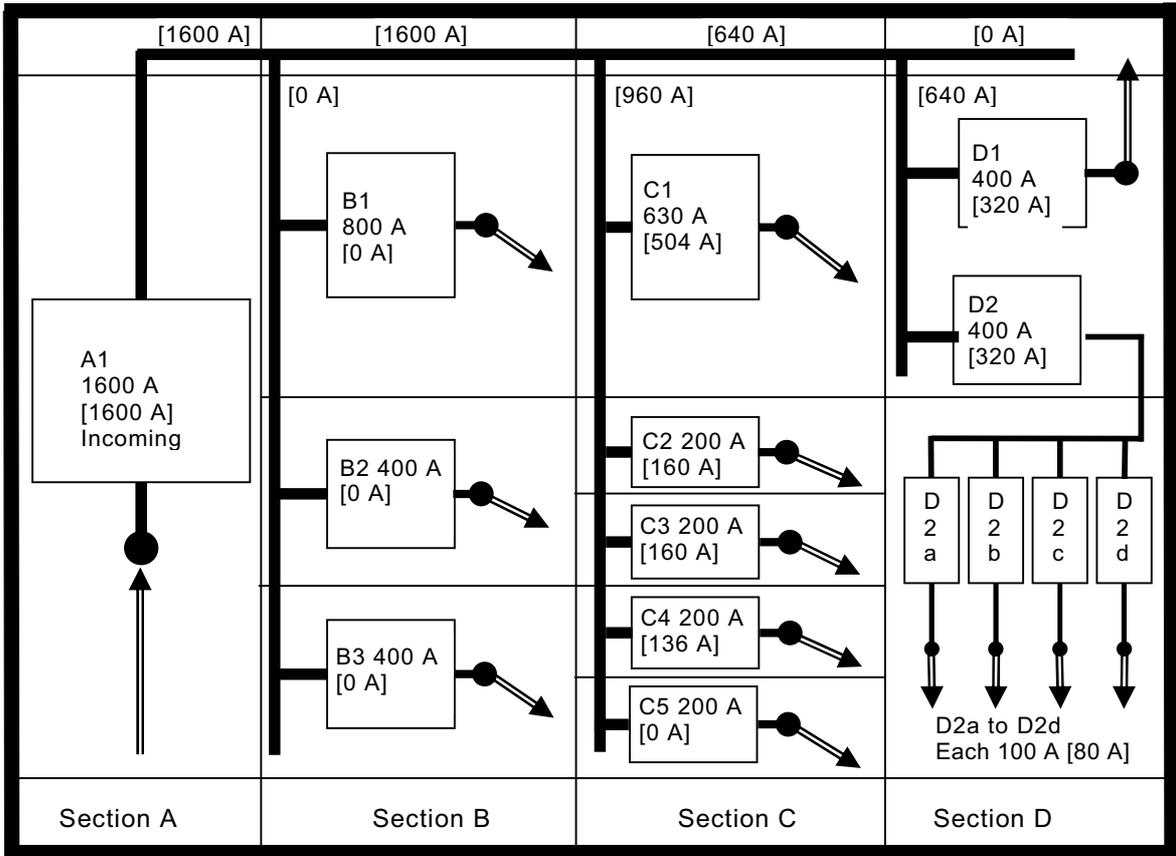
3522  
3523

Actual loading is indicated by the figures in brackets e.g. [640 A].  
 Busbar section loading is indicated by the figure in brackets e.g. [320 A].

3524  
3525

**Figure E.4 – Example 3: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8**

3526



3527  
3528

IEC 2050/08

3529  
3530

Actual loading is indicated by the figures in brackets e.g. [640 A].  
Busbar section loading is indicated by the figure in brackets e.g. [320 A].

3531  
3532

**Figure E.5 – Example 4: Table E.1 – Functional unit loading for an ASSEMBLY with a rated diversity factor of 0,8**

3533  
 3534

**Table E.2 – Example of loading of a group of circuits (Section B – Figure E.1) with a rated diversity factor of 0,9**

Functional unit	Distribution busbar Section B	B1	B2	B3
	Current (A)			
Functional unit - Rated current ( $I_n$ )	1440 <sup>a</sup>	800	400	400
Loading – Group of circuits with a rated diversity factor of 0,9	1440	720	360	360

<sup>a</sup> Minimum rated current to supply the connected functional units at the RDF (0,9).

3535  
 3536

**Table E.3 – Example of loading of a group of circuits (Sub-distribution board – Figure E.1) with a rated diversity factor of 0,9**

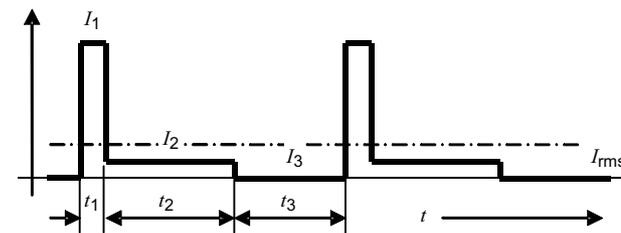
Functional unit	D2	D2a	D2b	D2c	D2d
	Current (A)				
Functional unit - Rated current ( $I_n$ )	360 <sup>a</sup>	100	100	100	100
Loading – Group of circuits with a rated diversity factor of 0,9	360	90	90	90	90

<sup>a</sup> Minimum rated current to supply the connected functional units at the RDF (0,9).

3537

**E.4 Rated diversity factor and intermittent duty**

3539 The dissipated heat of circuits built from components with Joule losses is proportional to the  
 3540 true r.m.s value of the current. An equivalent r.m.s current representing the thermal effect of  
 3541 the real intermittent current can be calculated by the formula given below. This enables the  
 3542 thermal equivalent true r.m.s current ( $I_{eff}$ ) in case of intermittent duty to be determined and  
 3543 thus the permissible load pattern for a given RDF. Care should be taken with ON-times >  
 3544 30 min since small devices could already reach the thermal equilibrium.



$$I_{rms} = \sqrt{\frac{I_1^2 \times t_1 + I_2^2 \times t_2 + I_3^2 \times t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}$$

$t_1$  Starting time at current  $I_1$

$t_2$  Run time at current  $I_2$

$t_3$  Interval time at  $I_3 = 0$

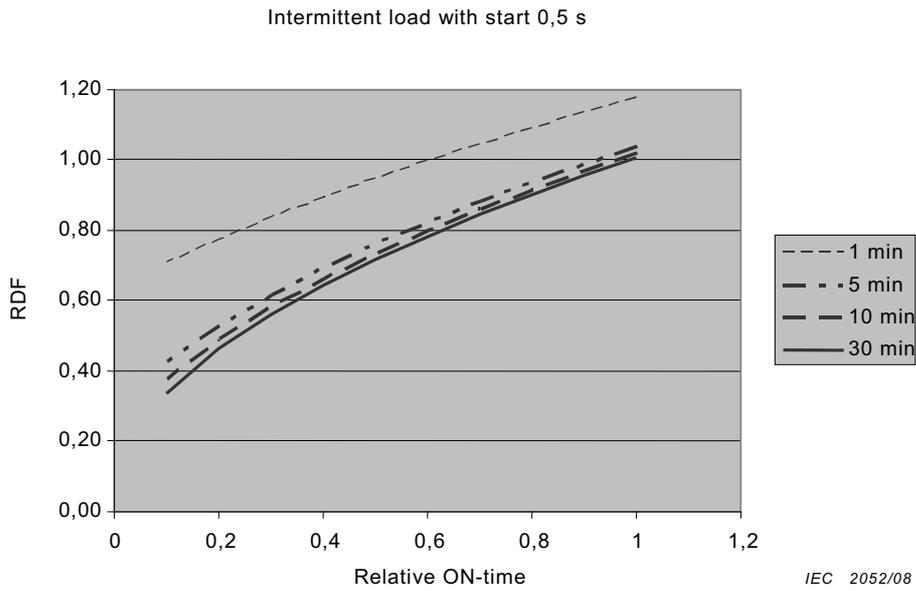
$t_1 + t_2 + t_3$  Cycle time

IEC 2051/08

3545

3546

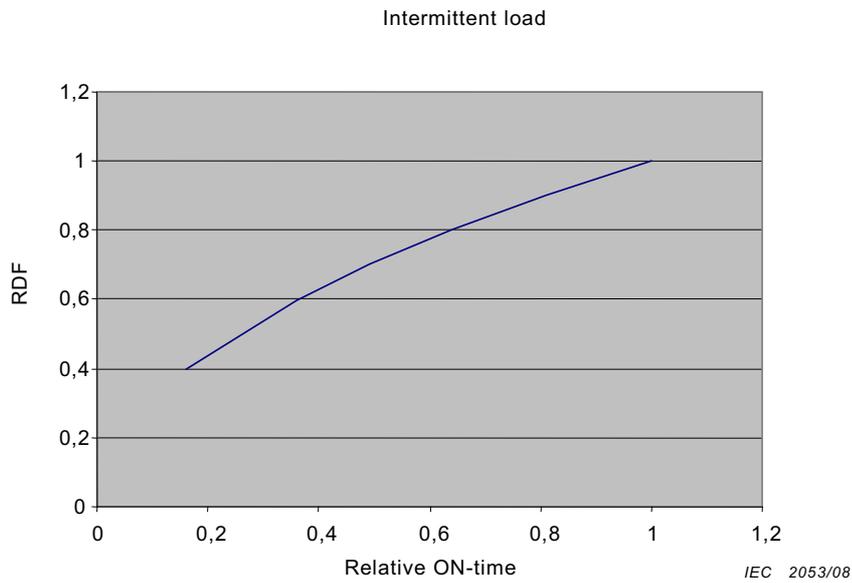
**Figure E.6 – Example of average heating effect calculation**



3547

3548 **Figure E.7 – Example graph for the relation between the equivalent RDF and the**  
 3549 **parameters at intermittent duty at  $t_1 = 0,5$  s,  $I_1 = 7 \cdot I_2$  at different cycle times**

3550



3551

3552 **Figure E.8 – Example graph for the relation between the equivalent RDF and the**  
 3553 **parameters at intermittent duty at  $I_1 = I_2$  (no starting overcurrent)**

3554

3555  
 3556  
 3557  
 3558

**Annex F**  
 (normative)

**Measurement of clearances and creepage distances <sup>2</sup>**

**F.1 Basic principles**

The width  $X$  of the grooves specified in the following examples 1 to 11 basically apply to all examples as a function of pollution as follows:

**Table F.1 – Minimum width of grooves**

Pollution degree	Minimum values of width $X$ of grooves mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5
4	2,5

3563

If the associated clearance is less than 3 mm, the minimum groove width may be reduced to one-third of this clearance.

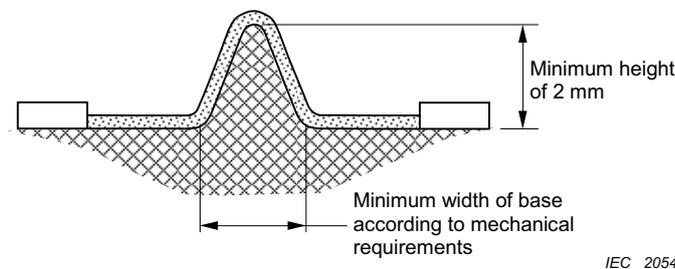
The methods of measuring clearances and creepage distances are indicated in examples 1 to 11. These examples do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

Furthermore:

- any corner is assumed to be bridged with an insulating link of  $X$  mm width moved into the most unfavourable position (see example 3);
- where the distance across the top of a groove is  $X$  mm or more, a creepage distance is measured along the contours of the grooves (see example 2);
- clearances and creepage distances measured between parts moving in relation to each other are measured when these parts are in their most unfavourable positions.

**F.2 Use of ribs**

Because of their influence on contamination and their better drying-out effect, ribs considerably decrease the formation of leakage current. Creepage distances can therefore be reduced to 0,8 of the required value, provided the minimum height of the ribs is 2 mm, see Figure F.1.



IEC 2054/08

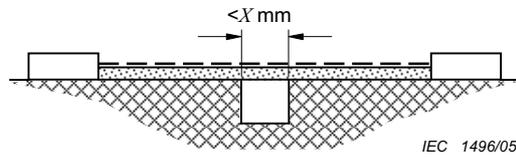
3581  
 3582

**Figure F.1 – Measurement of ribs**

<sup>2</sup> This Annex F is based on IEC 60664-1.

3583

Example 1

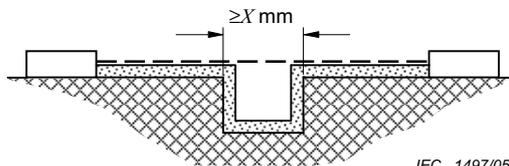


IEC 1496/05

Condition: This creepage distance path includes a parallel- or converging-sided groove of any depth with a width less than  $X$  mm.

Rule: Creepage distance and clearances are measured directly across the groove as shown.

Example 2

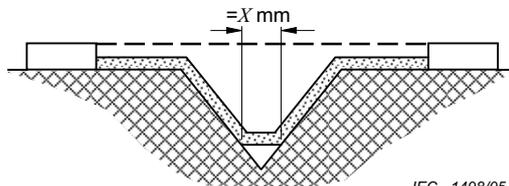


IEC 1497/05

Condition: This creepage distance path includes a parallel-sided groove of any depth and equal to or more than  $X$  mm.

Rule: Clearance is the "line-of-sight" distance. Creepage distance path follows the contour of the groove.

Example 3



IEC 1498/05

Condition: This creepage distance path includes a V-shaped groove with a width greater than  $X$  mm

Rule: Clearance is the "line-of-sight" distance. Creepage distance path follows the contour of the groove but "short-circuits" the bottom of the groove by  $X$  mm link.

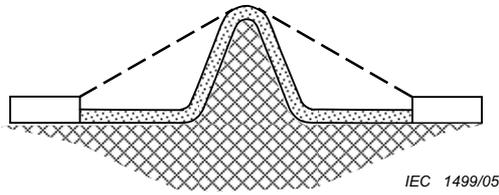
----- Clearance

..... Creepage distance

3584

3585

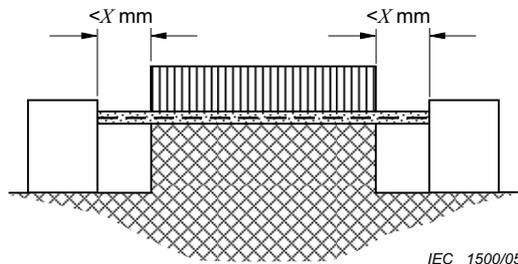
Example 4



IEC 1499/05

Condition: This creepage distance path includes a rib. Rule: Clearance is the shortest air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

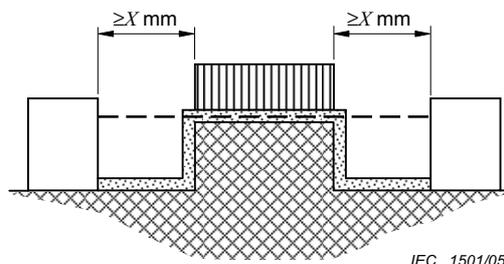
Example 5



IEC 1500/05

Condition: This creepage distance path includes an uncemented joint with grooves less than  $X$  mm wide on each side. Rule: Creepage distance and clearance paths are the "line-of-sight" distance shown.

Example 6



IEC 1501/05

Condition: This creepage distance path includes an uncemented joint with grooves equal to or more than  $X$  mm wide on each side. Rule: Clearance is the "line-of-sight" distance. Creepage distance path follows the contour of the grooves.

----- Clearance

..... Creepage distance

3586

3587

3588

3589

Example 7





3593  
3594  
3595  
3596  
3597  
3598

**Annex G**  
(normative)

**Correlation between the nominal voltage of the supply system  
and the rated impulse withstand voltage of the equipment<sup>3</sup>**

3599  
3600

This annex is intended to give the necessary information concerning the choice of equipment for use in a circuit within an electrical system or part thereof.

3601  
3602

Table G.1 provides examples of the correlation between nominal supply system voltages and the corresponding rated impulse withstand voltage of the equipment.

3603  
3604  
3605

The values of rated impulse withstand voltage given in Table G.1 are based on the performance characteristics of surge protective devices. They are based on characteristics in accordance with IEC 61643-1.

3606  
3607  
3608

It should be recognized that control of overvoltages with respect to the values in Table G.1 can also be achieved by conditions in the supply system such as the existence of a suitable impedance or cable feed.

3609  
3610  
3611

In such cases when the control of overvoltages is achieved by means other than surge arresters, guidance for the correlation between the nominal supply system voltage and the equipment rated impulse withstand voltage is given in IEC 60364-4-44.

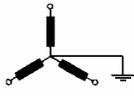
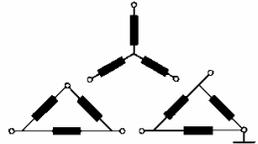
3612

3613

---

<sup>3</sup> This annex is based on Annex H of IEC 60947-1.

**Table G.1 – Correspondence between the nominal voltage of the supply system and the equipment rated impulse withstand voltage, in the case of overvoltage protection by surge-protective devices according to IEC 61643-1**

Maximum value of rated operational voltage to earth, a.c. r.m.s. or d.c. V	Nominal voltage of the supply system (≤ rated insulation voltage of the equipment) V				Preferred values of rated impulse withstand voltage (1,2/50 μs) at 2 000 m kV			
					Overvoltage category			
	 AC r.m.s.	 AC r.m.s.	 AC r.m.s. or d.c.	 AC r.m.s. or d.c.	IV Origin of installation (service entrance) level	III Distribution circuit level	II Load (appliance, equipment) level	I Specially protected level
50	–	–	12,5, 24, 25, 30, 42, 48	–	1,5	0,8	0,5	0,33
100	66/115	66	60	–	2,5	1,5	0,8	0,5
150	120/208 127/220	115, 120 127	110, 120	220-110, 240-120	4	2,5	1,5	0,8
300	220/380, 230/400 240/415, 260/440 277/480	220, 230 240, 260 277	220	440-220	6	4	2,5	1,5
600	347/600, 380/660 400/690, 415/720 480/830	347, 380, 400 415, 440, 480 500, 577, 600	480	960-480	8	6	4	2,5
1 000	–	660 690, 720 830, 1 000	1 000	–	12	8	6	4

3617  
3618  
3619  
3620

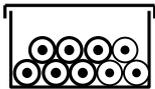
**Annex H**  
(informative)

**Operating current and power loss of copper conductors**

3621 The following tables provide guidance values for conductor operating currents and power  
3622 losses under ideal conditions within an ASSEMBLY. The calculation methods used to establish  
3623 these values are given to enable values to be calculated for other conditions.

3624  
3625  
3626

**Table H.1 – Operating current and power loss of single-core copper cables  
with a permissible conductor temperature of 70 °C  
(ambient temperature inside the ASSEMBLY: 55 °C)**

Conductor arrangement							
		Single-core cables in a cable trunking on a wall, run horizontally. 6 of the cables (2 three-phase circuits) continuously loaded		Single-core cables, touching free in air or on a perforated tray. 6 cables (2 three-phase circuits) continuously loaded		Single-core cables, spaced horizontally in free air	
Cross-sectional area of conductor	Resistance of conductor at 20°C, $R_{20}$ <sup>a)</sup>	Max. operating current $I_{max}$ <sup>b)</sup>	Power-losses per conductor $P_v$	Max. operating current $I_{max}$ <sup>c)</sup>	Power-losses per conductor $P_v$	Max. operating current $I_{max}$ <sup>d)</sup>	Power-losses per conductor $P_v$
mm <sup>2</sup>	mΩ/m	A	W/m	A	W/m	A	W/m
1,5	12,1	8	0,8	9	1,3	15	3,2
2,5	7,41	10	0,9	13	1,5	21	3,7
4	4,61	14	1,0	18	1,7	28	4,2
6	3,08	18	1,1	23	2,0	36	4,7
10	1,83	24	1,3	32	2,3	50	5,4
16	1,15	33	1,5	44	2,7	67	6,2
25	0,727	43	1,6	59	3,0	89	6,9
35	0,524	54	1,8	74	3,4	110	7,7
50	0,387	65	2,0	90	3,7	134	8,3
70	0,268	83	2,2	116	4,3	171	9,4
95	0,193	101	2,4	142	4,7	208	10,0
120	0,153	117	2,5	165	5,0	242	10,7
150	0,124			191	5,4	278	11,5
185	0,0991			220	5,7	318	12,0
240	0,0754			260	6,1	375	12,7

3627  
3628

$$I_{max} = I_{30} \times k_1 \times k_2$$

$$P_v = I_{max}^2 \times R_{20} \times [1 + \alpha \times (T_c - 20 \text{ °C})]$$

3629

- $k_1$  Reduction factor for air temperature inside the enclosure around the conductors (IEC 60364-5-52, Table A.52-14).  
 $k_1 = 0,61$  for conductor temperature 70 °C, ambient temperature 55 °C.  
 $k_1$  for other air temperatures: See Table H.2.
- $k_2$  Reduction factor for groups of more than one circuit (IEC 60364-5-52, Table A.52-17).
- $\alpha$  Temperature coefficient of resistance,  $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$
- $T_C$  Conductor temperature
- a) Values from IEC 60228, Table 2 (stranded conductors)
- b) Current carrying capacity  $I_{30}$  for one three-phase circuit from IEC 60364-5-52, Table A.52-4, col. 4 (Method of installation: Item 6 in table 52-3).  $k_2=0,8$  (item 1 in Table A.52-17, two circuits)
- c) Current carrying capacity  $I_{30}$  for one three-phase circuit from IEC 60364-5-52, Table A.52-10, col. 5 (Method of installation: Item F in table A.52-1). Values for cross-sections less than 25 mm<sup>2</sup> calculated following Annex C of IEC 60364-5-52.  $k_2=0,88$  (item 4 in Table A.52-17, two circuits)
- d) Current carrying capacity  $I_{30}$  for one three-phase circuit from IEC 60364-5-52, Table A.52-10, col. 7 (Method of installation: Item G in Table A.52-1). Values for cross-sections less than 25 mm<sup>2</sup> calculated following Annex C of IEC 60364-5-52. ( $k_2=1$ )

3630

**Table H.2 – Reduction factor  $k_1$  for cables with a permissible conductor temperature of 70 °C (extract from IEC 60364-5-52, Table A.52-14)**

3631

Air temperature inside the enclosure around the conductors °C	Reduction factor $k_1$
20	1,12
25	1,06
30	1,00
35	0,94
40	0,87
45	0,79
50	0,71
55	0,61
60	0,50

3632

NOTE If the operating current in Table H.1 is converted for other air temperatures using the reduction factor  $k_1$ ,

3633

then also the corresponding power losses must be calculated using the formula given above.



3634  
3635  
3636  
3637  
3638

## Annex J (normative)

### Electromagnetic compatibility (EMC)

#### 3639 J.1 General

3640 The subclause numbering within this annex aligns with that of the body of the standard.

#### 3641 J.2 Terms and definitions

3642 For the purposes of this annex, the following terms and definitions apply.

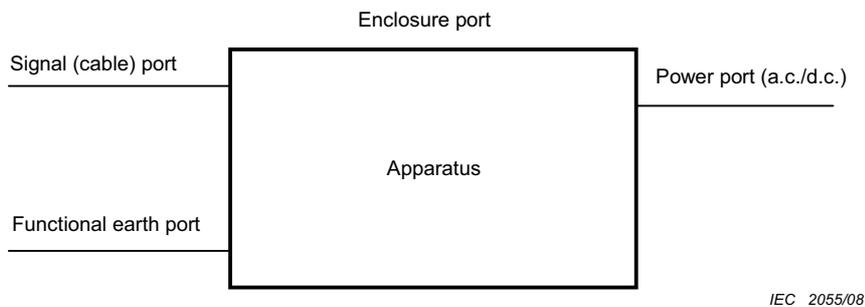
3643 (See Figure J.1)

##### 3644 J.3.8.12.1

##### 3645 port

3646 particular interface of the specified apparatus with external electromagnetic environment

3647



3648  
3649

Figure J.1 – Examples of ports

##### 3650 J.3.8.12.2

##### 3651 enclosure port

3652 physical boundary of the apparatus through which electromagnetic fields may radiate or  
3653 impinge on

##### 3654 J.3.8.12.3

##### 3655 functional earth port

3656 port other than signal, control or power port, intended for connection to earth for purposes  
3657 other than electrical safety

##### 3658 J.3.8.12.4

##### 3659 signal port

3660 port at which a conductor or cable intended to carry signals is connected to the apparatus

3661 NOTE Examples are analogue inputs, outputs and control lines; data busses; communication networks etc.

3662 [3.4 of IEC 61000-6-1]

##### 3663 J.3.8.12.5

##### 3664 power port

3665 port at which a conductor or cable carrying the primary electrical power needed for the  
3666 operation (functioning) of an apparatus or associated apparatus is connected to the apparatus

#### 3667 J.9.4 Performance requirements

##### 3668 J.9.4.1 General

3669 For the majority of ASSEMBLIES applications falling within the scope of this standard, two sets  
3670 of environmental conditions are considered and are referred to as

3671 a) Environment A;

3672 b) Environment B.

3673 **Environment A:** relates to a power network supplied from a high or medium voltage  
3674 transformer dedicated to the supply of an installation feeding manufacturing or similar plant,  
3675 and intended to operate in or in proximity to industrial locations, as described below. This  
3676 standard applies also to apparatus which is battery operated and intended to be used in  
3677 industrial locations.

3678 The environments encompassed are industrial, both indoor and outdoor.

3679 Industrial locations are in addition characterised by the existence of one or more of the  
3680 following examples:

3681 – industrial, scientific and medical (ISM) apparatus (as defined in CISPR 11);

3682 – heavy inductive or capacitive loads are frequently switched;

3683 – currents and associated magnetic fields are high.

3684 NOTE Environment A is covered by the generic EMC standards IEC 61000-6-2 and IEC 61000-6-4.

3685

3686 **Environment B:** relates to low-voltage public mains networks or apparatus connected to a  
3687 dedicated DC source which is intended to interface between the apparatus and the low-  
3688 voltage public mains network. It applies also to apparatus which is battery operated or is  
3689 powered by a non-public, but non-industrial, low voltage power distribution system if this  
3690 apparatus is intended to be used in the locations described below.

3691 The environments encompassed are residential, commercial and light-industrial locations,  
3692 both indoor and outdoor. The following list, although not comprehensive, gives an indication  
3693 of locations which are included:

3694 – residential properties, for example houses, apartments;

3695 – retail outlets, for example shops, supermarkets;

3696 – business premises, for example offices, banks;

3697 – areas of public entertainment, for example cinemas, public bars, dance halls; outdoor  
3698 locations, for example petrol stations, car parks, amusement and sports centres;

3699 – light-industrial locations, for example workshops, laboratories, service centres.

3700 Locations which are characterised by being supplied directly at low voltage from the public  
3701 mains network are considered to be residential, commercial or light-industrial.

3702 NOTE Environment B is covered by the generic EMC standards IEC 61000-6-1 and IEC 61000-6-3.

3703

3704 The environmental condition A and/or B for which the ASSEMBLY is suitable shall be stated by  
3705 the ASSEMBLY manufacturer.

#### 3706 **J.9.4.2 Requirement for testing**

3707 ASSEMBLIES are in most cases manufactured or assembled on a one-off basis, incorporating a  
3708 more or less random-combination of devices and components.

3709 No EMC immunity or emission tests are required on final ASSEMBLIES if the following  
3710 conditions are fulfilled:

3711 a) The incorporated devices and components are in compliance with the requirements for  
3712 EMC for the stated environment (see J.9.4.1) as required by the relevant product or  
3713 generic EMC standard.

- 3714 b) The internal installation and wiring is carried out in accordance with the devices and  
3715 Components Manufacturers' instructions (arrangement with regard to mutual  
3716 influences, cable, screening, earthing etc.)
- 3717 In all other cases the EMC requirements are to be verified by tests as per J.10.12.
- 3718 **J.9.4.3 Immunity**
- 3719 **J.9.4.3.1 ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits**
- 3720 Under normal service conditions, ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits are not  
3721 sensitive to electromagnetic disturbances and therefore no immunity tests are required.
- 3722 **J.9.4.3.2 ASSEMBLIES incorporating electronic circuits**
- 3723 Electronic equipment incorporated in ASSEMBLIES shall comply with the immunity requirements  
3724 of the relevant product or generic EMC standard and shall be suitable for the specified EMC  
3725 environment stated by the ASSEMBLY manufacturer.
- 3726 In all other cases the EMC requirements are to be verified by tests as per J.10.12.
- 3727 Equipment utilizing electronic circuits in which all components are passive (for example  
3728 diodes, resistors, varistors, capacitors, surge suppressors, inductors) are not required to be  
3729 tested.
- 3730 The ASSEMBLY manufacturer shall obtain from the device and or component manufacturer the  
3731 specific performance criteria of the product based on the acceptance criteria given in the  
3732 relevant product standard.
- 3733 **J.9.4.4 Emission**
- 3734 **J.9.4.4.1 ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits**
- 3735 For ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits, electromagnetic disturbances can only be  
3736 generated by equipment during occasional switching operations. The duration of the  
3737 disturbances is of the order of milliseconds. The frequency, the level and the consequences of  
3738 these emissions are considered as part of the normal electromagnetic environment of low-  
3739 voltage installations. Therefore, the requirements for electromagnetic emission are deemed to  
3740 be satisfied, and no verification is necessary.
- 3741 **J.9.4.4.2 ASSEMBLIES incorporating electronic circuits**
- 3742 Electronic equipment incorporated in the ASSEMBLY shall comply with the emission  
3743 requirements of the relevant product or generic EMC standard and shall be suitable for the  
3744 specific EMC environment stated by the ASSEMBLY manufacturer.
- 3745 ASSEMBLIES incorporating electronic circuits (such as switched mode power supplies, circuits  
3746 incorporating microprocessors with high-frequency clocks) may generate continuous  
3747 electromagnetic disturbances.
- 3748 For such emissions, these shall not exceed the limits specified in the relevant product  
3749 standard, or the requirements of IEC 61000-6-4 for environment A and/or IEC 61000-6-3 for  
3750 environment B shall apply. Tests are to be carried out as detailed in the relevant product  
3751 standard, if any, otherwise according to J.10.12.
- 3752 **J.10.12 Tests for EMC**
- 3753 Functional units within ASSEMBLIES which do not fulfil the requirements of J.9.4.2 a) and b)  
3754 shall be subjected to the following tests, as applicable.
- 3755 The emission and immunity tests shall be carried out in accordance with the relevant EMC  
3756 standard.. However, the ASSEMBLY manufacturer shall specify any additional measures  
3757 necessary to verify the criteria of performance for the ASSEMBLIES if necessary (e.g.  
3758 application of dwell times).

3759 **J.10.12.1 Immunity tests**

3760 **J.10.12.1.1 ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits**

3761 No tests are necessary; see J.9.4.3.1.

3762 **J.10.12.1.2 ASSEMBLIES incorporating electronic circuits**

3763 Tests shall be made according to the relevant environment A or B. The values are given in  
3764 Tables J.1 and/or J.2 except where a different test level is given in the relevant specific  
3765 product standard and justified by the electronic components manufacturer.

3766 Performance criteria shall be stated by the ASSEMBLIES manufacturer based on the acceptance  
3767 criteria in Table J.3.

3768 **J.10.12.2 Emission tests**

3769 **J.10.12.2.1 ASSEMBLIES not incorporating electronic circuits**

3770 No tests are necessary; see J.9.4.4.1.

3771 **J.10.12.2.2 ASSEMBLIES incorporating electronic circuits**

3772 The ASSEMBLIES manufacturer shall specify the test methods used; see J.9.4.4.2.

3773 The emission limits for environment A are given in IEC 61000-6-4, table 1.

3774 The emission limits for environment B are given in IEC 61000-6-3, table 1.

3775 .

3776 If the ASSEMBLY incorporates telecommunication ports, the emission requirements of CISPR  
3777 22, relevant to that port and to the selected environment, shall apply.

3778  
3779

**Table J.1 – Tests for EMC immunity for environment A**  
(see J.10.12.1)

Type of test	Test level required	Performance criterion <sup>c)</sup>
Electrostatic discharge immunity test IEC 61000-4-2	± 8 kV / air discharge or ± 4 kV / contact discharge	B
Radiated radio-frequency electromagnetic field immunity test IEC 61000-4-3 at 80 MHz to 1 GHz and 1,4 GHz to 2 GHz	10 V/m on enclosure port	A
Electrical fast transient/burst immunity test IEC 61000-4-4	± 2 kV on power ports ± 1 kV on signal ports including auxiliary circuits and functional earth	B
1,2/50 µs and 8/20 µs surge immunity test IEC 61000-4-5 <sup>a)</sup>	± 2 kV (line to earth) on power ports, ± 1 kV (line to line) on power ports, ± 1 kV (line to earth) on signal ports	B
Conducted radio-frequency immunity test IEC 61000-4-6 at 150 kHz to 80 MHz	10 V on power ports, signal ports and functional earth.	A
Immunity to power-frequency magnetic fields IEC 61000-4-8	30 A/m <sup>b)</sup> on enclosure port	A
Immunity to voltage dips and interruptions IEC 61000-4-11 <sup>d)</sup>	30 % reduction for 0,5 cycles 60 % reduction for 5 and 50 cycles >95 % reduction for 250 cycles	B C C
Immunity to harmonics in the supply IEC 61000-4-13	No requirements	
<p>a) For equipment and/or input/output ports with a rated d.c. voltage of 24 V or less tests are not required.</p> <p>b) Applicable only to apparatus containing devices susceptible to magnetic fields.</p> <p>c) Performance criteria are independent of the environment. See Table J.3.</p> <p>d) Applicable only to mains input power ports.</p>		

3780

3781  
3782

**Table J.2 – Tests for EMC immunity for environment B**  
(see J.10.12.1)

Type of test	Test level required	Performance criterion <sup>c)</sup>
Electrostatic discharge immunity test IEC 61000-4-2	± 8 kV / air discharge or ± 4 kV / contact discharge	B
Radiated radio-frequency electromagnetic field immunity test IEC 61000-4-3 at 80 MHz to 1 GHz and 1,4 GHz to 2 GHz	3 V/m on enclosure port	A
Electrical fast transient/burst immunity test IEC 61000-4-4	± 1 kV on power ports ± 0,5 kV on signal ports including auxiliary circuits and functional earth	B
1,2/50 µs and 8/20 µs surge immunity test IEC 61000-4-5 <sup>a)</sup>	± 0,5 kV (line to earth) for signal and power ports except for mains supply input port where ±1 kV applies (line to earth) ± 0,5 kV (line to line)	B
Conducted radio-frequency immunity test IEC 61000-4-6 at 150 kHz to 80 MHz	3 V on power ports, signal ports and functional earth.	A
Immunity to power-frequency magnetic fields IEC 61000-4-8	3 A/m <sup>b)</sup> on enclosure port	A
Immunity to voltage dips and interruptions	30 % reduction for 0,5 cycles	B

IEC 61000-4-11 d)	60 % reduction for 5 cycles >95 % reduction for 250 cycles	C C
Immunity to harmonics in the supply IEC 61000-4-13	No requirements	
<p>a) For equipment and/or input/output ports with a rated d.c. voltage of 24 V or less tests are not required.</p> <p>b) Applicable only to apparatus containing devices susceptible to magnetic fields.</p> <p>c) Performance criteria are independent of the environment. See Table J.3.</p> <p>d) Applicable only to mains input power ports.</p>		

3783

3784

**Table J.3 – Acceptance criteria when electromagnetic disturbances are present**

Item	Acceptance criteria (performance criteria during tests)		
	A	B	C
Overall performance	No noticeable changes of the operating characteristic Operating as intended	Temporary degradation or loss of performance which is self-recoverable	Temporary degradation or loss of performance which requires operator intervention or system reset a)
Operation of power and auxiliary circuits	No unwanted operation	Temporary degradation or loss of performance which is self-recoverable a)	Temporary degradation or loss of performance which requires operator intervention or system reset a)
Operation of displays and control panels	No changes to visible display information Only slight light intensity fluctuation of LEDs, or slight movement of characters	Temporary visible changes or loss of information. Undesired LED illumination	Shut down or permanent loss of display. Wrong information and/or unpermitted operating mode, which should be apparent or an indication should be provided. Not self-recoverable
Information processing and sensing functions	Undisturbed communication and data interchange to external devices	Temporarily disturbed communication, with possible error reports of the internal and external devices	Erroneous processing of information Loss of data and/or information Errors in communication Not self-recoverable

a) Specific requirements shall be detailed in the product standard.

3785

3786

3787  
3788  
3789  
3790  
3791

## Annex K (normative)

### Protection by electrical separation

#### 3792 **K.1 General**

3793 Electrical separation is a protective measure in which:

- 3794 • basic protection (protection against direct contact) is provided by basic insulation between  
3795 hazardous live parts and exposed conductive parts of a separated circuit, and
- 3796 • fault protection (protection against indirect contact) is provided:
  - 3797 – by simple separation of the separated circuit from other circuits and from earth;
  - 3798 – by an earth-free protective equipotential bonding interconnecting exposed equipment  
3799 parts of the separated circuit where more than one item of equipment is connected to  
3800 the separated circuit.

3801 Intentional connection of exposed conductive parts to a protective conductor or to an earth  
3802 conductor is not permitted.

#### 3803 **K.2 Electrical separation**

3804 Protection by electrical separation shall be ensured by compliance with all the requirements of  
3805 K.2.1 to K.2.4.

##### 3806 **K.2.1 Supply source**

3807 The circuit shall be supplied through a source that provides separation i.e.

- 3808 • an isolating transformer, or
- 3809 • a source of current providing a degree of safety equivalent to that of the isolating  
3810 transformer specified above, for example a motor generator with windings providing  
3811 equivalent isolation.

3812 NOTE Ability to withstand a particularly high test voltage is recognized as a means of ensuring the necessary  
3813 degree of isolation.

3814 Mobile sources of supply connected to a supply system shall be selected in accordance with  
3815 Clause K.3 (class II equipment or equivalent insulation).

3816 Fixed sources of supply shall be either:

- 3817 • selected in accordance with Clause K.3, or
- 3818 • such that the output is separated from the input and from the enclosure by an insulation  
3819 satisfying the conditions of Clause K.3; if such a source supplies several items of  
3820 equipment, the exposed conductive parts of that equipment shall not be connected to the  
3821 metallic enclosure of the source.

##### 3822 **K.2.2 Selection and installation of supply source**

###### 3823 **K.2.2.1 Voltage**

3824 The voltage of the electrically separated circuit shall not exceed 500 V.

###### 3825 **K.2.2.2 Installation**

3826 **K.2.2.2.1** Live parts of the separated circuit shall not be connected at any point to another  
3827 circuit or to earth.

3828 To avoid the risk of a fault to earth, particular attention shall be given to the insulation of such  
3829 parts from earth, especially for flexible cables and cords.

3830 Arrangements shall ensure electrical separation not less than that between the input and  
3831 output of an isolating transformer.

3832 NOTE In particular the electrical separation is necessary between the live parts of electrical equipment such as  
3833 relays, contactors, auxiliary switches and any part of another circuit.

3834 **K.2.2.2.2** Flexible cables and cords shall be visible throughout any part of their length liable  
3835 to mechanical damage.

3836 **K.2.2.2.3** For separated circuits, the use of separate wiring systems is necessary. If the use  
3837 of conductors of the same wiring system for the separated circuits and other circuits is  
3838 unavoidable, multi-conductor cables without metallic covering, or insulated conductors in  
3839 insulating conduit, ducting or trunking shall be used, provided that their rated voltage is not  
3840 less than the highest voltage likely to occur, and that each circuit is protected against  
3841 overcurrent.

3842 **K.2.3 Supply of a single item of apparatus**

3843 Where a single item of apparatus is supplied, the exposed conductive parts of the separated  
3844 circuit shall not be connected either to the protective conductor or exposed conductive parts  
3845 of other circuits.

3846 NOTE If the exposed conductive parts of the separated circuit are liable to come into contact, either intentionally  
3847 or fortuitously, with the exposed conductive parts of other circuits, protection against electric shock no longer  
3848 depends solely on protection by electrical separation but on the protective measures to which the latter exposed  
3849 conductive parts are subject.

3850 **K.2.4 Supply of more than one item of apparatus**

3851 If precautions are taken to protect the separated circuit from damage and insulation failure, a  
3852 source of supply, complying with K.2.1, may supply more than one item of apparatus provided  
3853 that all the following requirements are fulfilled.

3854 a) The exposed-conductive-parts of the separated circuit shall be connected together  
3855 by insulated non-earthed equipotential bonding conductors. Such conductors shall  
3856 not be connected to the protective conductors or exposed-conductive-parts of  
3857 other circuits or to any extraneous conductive parts.

3858 NOTE If the exposed-conductive-parts of the separated circuit are liable to come into contact,  
3859 either intentionally or fortuitously, with the exposed-conductive-parts of other circuits, protection  
3860 against electric shock no longer depends solely on protection by electrical separation but on the  
3861 protective measures to which the latter exposed- conductive-parts are subject.

3862 b) All socket-outlets shall be provided with protective contacts which shall be  
3863 connected to the equipotential bonding system provided in accordance with item  
3864 a).

3865 c) Except where supplying class II equipment, all flexible cables shall embody a  
3866 protective conductor for use as an equipotential bonding conductor.

3867 It shall be ensured that if two faults affecting two exposed conductive parts occur and  
3868 these are fed by conductors of different polarity, a protective device shall disconnect the  
3869 supply in a disconnecting time conforming to Table K.1.

3870 **Table K.1 – Maximum disconnecting times for TN systems**

$U_0^a$ V	Disconnecting time s
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
>400	0,1
a Values based on IEC 60038.	

3871

3872 For voltages which are within the tolerance band stated in IEC 60038, the disconnecting time  
3873 appropriate to the nominal voltage applies.

3874 For intermediate values of voltage, the next higher value in the above table is to be used.

3875 **K.3 Class II equipment or equivalent insulation**

3876 Protection shall be provided by electrical equipment of the following types:

- 3877 • Electrical equipment having double or reinforced insulation (class II equipment)
- 3878 • ASSEMBLIES having total insulation see 8.4.3.4.

3879 This equipment is marked with the symbol .

3880 NOTE This measure is intended to prevent the appearance of dangerous voltage on the accessible parts of  
3881 electrical equipment through a fault in the basic insulation.

3882  
 3883  
 3884  
 3885  
 3886  
 3887

**Annex L**  
 (informative)

**Clearances and creepage distances for North American region**

**Table L.1 – Minimum clearances in air**

Rated operational voltage V	Minimum clearances mm	
	Phase to phase	Phase to earth
(150) <sup>a</sup> 125 or less	12,7	12,7
(151) <sup>a</sup> 126-250	19,1	12,7
251-600	25,4	25,4
<sup>a</sup> Values in brackets are applicable in Mexico.		

3888  
 3889

**Table L.2 – Minimum creepage distances**

Rated operational voltage V	Minimum creepage distances, mm	
	Phase to phase	Phase to earth
(150) <sup>a</sup> 125 or less	19,1	12,7
(151) <sup>a</sup> 126-250	31,8	12,7
251-600	50,8	25,4
<sup>a</sup> Values in brackets are applicable in Mexico.		

3890  
 3891  
 3892  
 3893

NOTE This is not a complete and exhaustive listing of all regulations that are specific to the North American marketplace.

3894  
3895  
3896  
3897  
3898

**Annex M**  
(informative)

**North American temperature rise limits**

3899 The temperature rise limitation permitted in North America are based upon the allowable rises  
3900 permitted for the devices connected (wire connectors, cables, circuit breakers, etc.). In order  
3901 to maintain the proper and safe performance of the entire electrical system, these must be  
3902 taken into account. These requirements are mandated by the National Electrical Code, NFPA  
3903 70, Article 110.14-C, 'Temperature Limitations'. This document is published by the National  
3904 Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, USA. In Mexico these requirements are  
3905 mandated by NOM-001-SEDE.

3906

**Table M.1 – North American temperature rise limits**

<b>Parts of ASSEMBLIES</b>	<b>Temperature rise K</b>
Unplated busbars	50
Plated busbars	65
Terminals except as covered below	50
Terminals for devices marked for use with 90 °C conductors, based upon 75 °C ampacity (current carrying capacity)	60
Terminals for devices rated 110 A and less, if marked for use with 75 °C conductors	65

3907  
3908  
3909  
3910  
3911

**Annex N**  
(normative)

**Operating current and power loss of bare copper bars**

3912 The following tables provide values for conductor operating currents and power losses under  
3913 ideal conditions within an ASSEMBLY (see 10.10.2.2.3, 10.10.4.2.1 and 10.10.4.3.1.). This  
3914 annex does not apply to conductors verified by test.

3915 The calculation methods used to establish these values are given to enable values to be  
3916 calculated for other conditions.

3917 **Table N.1 – Operating current and power loss of bare copper bars with rectangular**  
3918 **cross-section, run horizontally and arranged with their largest face vertical, frequency**  
3919 **50 Hz to 60 Hz (ambient temperature inside the ASSEMBLY: 55 °C, temperature**  
3920 **of the conductor 70 °C)**

Height x thickness of bars	Cross-sectional area of bar	One bar per phase 			Two bars per phase (spacing = thickness of bars) 		
		$k_3$	Operating current	Power-losses per phase conductor $P_V$	$k_3$	Operating current	Power-losses per phase conductor $P_V$
mm x mm	mm <sup>2</sup>		A	W/m		A	W/m
12 x 2	23,5	1,00	70	4,5	1,01	118	6,4
15 x 2	29,5	1,00	83	5,0	1,01	138	7,0
15 x 3	44,5	1,01	105	5,4	1,02	183	8,3
20 x 2	39,5	1,01	105	6,1	1,01	172	8,1
20 x 3	59,5	1,01	133	6,4	1,02	226	9,4
20 x 5	99,1	1,02	178	7,0	1,04	325	11,9
20 x 10	199	1,03	278	8,5	1,07	536	16,6
25 x 5	124	1,02	213	8,0	1,05	381	13,2
30 x 5	149	1,03	246	9,0	1,06	437	14,5
30 x 10	299	1,05	372	10,4	1,11	689	18,9
40 x 5	199	1,03	313	10,9	1,07	543	17,0
40 x 10	399	1,07	465	12,4	1,15	839	21,7
50 x 5	249	1,04	379	12,9	1,09	646	19,6
50 x 10	499	1,08	554	14,2	1,18	982	24,4
60 x 5	299	1,05	447	15,0	1,10	748	22,0
60 x 10	599	1,10	640	16,1	1,21	1118	27,1
80 x 5	399	1,07	575	19,0	1,13	943	27,0
80 x 10	799	1,13	806	19,7	1,27	1372	32,0
100 x 5	499	1,10	702	23,3	1,17	1125	31,8
100 x 10	999	1,17	969	23,5	1,33	1612	37,1
120 x 10	1200	1,21	1131	27,6	1,41	1859	43,5

3921

$$P_V = \frac{I^2 \times k_3}{\kappa \times A} \times [1 + \alpha \times (T_c - 20 \text{ °C})]$$

3922 where

3923  $P_V$  is the power loss per metre;

3924  $I$  is the operating current;

3925  $k_3$  is the current displacement factor;

3926  $\kappa$  is the conductivity of copper,  $\kappa = 56 \frac{\text{m}}{\Omega \times \text{mm}^2}$ ;

- 3927  $A$  is the cross-sectional area of bar;  
 3928  $\alpha$  is the temperature coefficient of resistance,  $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$ ;  
 3929  $T_C$  is the temperature of the conductor.

3930 The operating currents may be converted for other ambient air temperatures inside the  
 3931 ASSEMBLY and/or for a conductor temperature of 90 °C by multiplying the values of Table N.1  
 3932 by the corresponding factor  $k_4$  from Table N.2. Then the power losses shall be calculated  
 3933 using the formula given above accordingly.

3934 **Table N.2 – Factor  $k_4$  for different temperatures of the air inside the ASSEMBLY**  
 3935 **and / or for the conductors**

3936

Air temperature inside the enclosure around the conductors °C	Factor $k_4$	
	Conductor temperature of 70 °C	Conductor temperature of 90 °C
20	2,08	2,49
25	1,94	2,37
30	1,82	2,26
35	1,69	2,14
40	1,54	2,03
45	1,35	1,91
50	1,18	1,77
55	1,00	1,62
60	0,77	1,48

3937

3938 It shall be considered that, dependent upon the design of the assembly, quite different  
 3939 ambient and conductor temperatures can occur, especially with higher operating currents.

3940 Verification of the actual temperature rise under these conditions shall be determined by test.  
 3941 The power losses may then be calculated by the same method as used for this Table N.2.

3942 NOTE At higher currents additional eddy current losses may be significant which are not included in the values of  
 3943 Table N.1.

3944

3945

3946  
3947  
3948  
3949  
3950

## Annex O (informative)

### Guidance on temperature rise verification

#### 3951 O.1 General

3952 All ASSEMBLIES generate heat in service. Assuming the heat dissipation capability of the  
3953 ASSEMBLY for local areas within the ASSEMBLY and for the ASSEMBLY as a whole, when  
3954 operating on full load, exceeds the total heat produced then thermal equilibrium will be  
3955 established; temperature will stabilize at a temperature rise above the ambient temperature  
3956 surrounding the ASSEMBLY.

3957 The purpose of temperature rise verification is to ensure temperatures stabilize at a value that  
3958 will not result in;

- 3959 i. significant deterioration or ageing of the ASSEMBLY, or
- 3960 ii. excessive heat being transferred to external conductors, such that the service  
3961 capability of the external conductors and any equipment to which they are  
3962 connected, may be impaired, or,
- 3963 iii. people, operators or animals in the vicinity of an ASSEMBLY being burnt in normal  
3964 operating circumstances.

#### 3965 O.2 Temperature-rise limits

3966 It is the manufacturer's responsibility to select the appropriate method for temperature rise  
3967 verification. (See Figure O.1)

3968 All the temperature rise limits given in the standard assume that the ASSEMBLY will be located  
3969 in an environment where the daily average and peak ambient temperatures do not exceed  
3970 35°C and 40°C, respectively.

3971 The standard also assumes that all outgoing circuits within an ASSEMBLY will not be loaded to  
3972 their rated current at the same time. This recognition of the practical situation is defined by a  
3973 'rated diversity factor'. Subject to the loading of the incoming circuit not exceeding its rated  
3974 current, diversity is the proportion of the individual rated currents that any combination of  
3975 outgoing circuits can carry continuously and simultaneously, without the ASSEMBLY  
3976 overheating. Diversity factor (assumed loading) is usually defined for the ASSEMBLY as a  
3977 whole, but a manufacturer may choose to specify it for groups of circuits, for example the  
3978 circuits in a section.

3979 Temperature rise verification confirms two criteria;

- 3980 i. That each type of circuit is capable of carrying its rated current when it is incorporated  
3981 in the ASSEMBLY. This takes into account the way in which the circuit is connected and  
3982 enclosed within the ASSEMBLY, but excludes any heating affects that may result from  
3983 adjacent circuits carrying current.
- 3984 ii. The ASSEMBLY as a whole will not overheat when the incoming circuit is loaded to its  
3985 rated current and, subject to the maximum current of the incoming circuit, any  
3986 combination of outgoing circuits can be simultaneously and continuously loaded to  
3987 their rated current multiplied by the rated diversity factor for the ASSEMBLY.  
3988

3989 Temperature rise limits within the ASSEMBLY are the manufacturers' responsibility, they are  
3990 essentially determined on the basis of operating temperature not exceeding the long term  
3991 capability of the materials used within the ASSEMBLY. At interfaces between the ASSEMBLY and  
3992 the 'wider world', for example, cable terminals and operating handles, the standard defines  
3993 temperature rise limits (see Table 6).

3994 Within boundaries defined in the standard, temperature rise verification can be undertaken by  
3995 test, calculation or design rules. It is permissible to use one or a combination of the  
3996 verification methods set out in the standard to verify temperature rise performance of an  
3997 ASSEMBLY. This allows the manufacturer to choose the most appropriate method for the  
3998 ASSEMBLY, or part of an ASSEMBLY, being considered, taking into consideration volumes, the  
3999 construction, design flexibility, current rating and size of the ASSEMBLY.

4000 In typical applications involving some adaptation of a standard design it is highly likely more  
4001 than one method will be used to cover various elements of the ASSEMBLY design.

### 4002 **O.3 Test**

4003 In order to avoid unnecessary testing the standard provides guidance on selecting groups of  
4004 comparable functional units. It then details how to select the critical variant from the group for  
4005 test. Design rules are then applied to assign ratings to other circuits that are 'thermally  
4006 similar' to the critical variant tested.

4007 Three options for verification by test are offered in the standard.

#### 4008 **O.3.1 Method a) - Verification of the complete ASSEMBLY (10.10.2.3.5)**

4009 This is a quick and conservative approach to achieving a result for a particular arrangement of  
4010 ASSEMBLY. It proves the rating of the outgoing circuits and the ASSEMBLY in the same test. The  
4011 incoming circuit and busbars are loaded to their rated current and as many outgoing circuits in  
4012 a group as are necessary to distribute the incoming current, are loaded to their individual  
4013 rated currents when installed in the ASSEMBLY. For most installations this is an unrealistic  
4014 situation since outgoing circuits are not normally loaded to unity diversity. If the group of  
4015 functional units tested does not include one of each of the different types of outgoing circuit  
4016 incorporated in the ASSEMBLY, then further tests are carried out considering different groups of  
4017 outgoing circuits until one of each type has been tested.

4018 Testing in this manner requires the minimum number of temperature rise tests, but the test  
4019 arrangement is more onerous than necessary and the result is not applicable to a range of  
4020 ASSEMBLIES.

4021 If several or all circuits of an ASSEMBLY are loaded simultaneously then the same circuit is  
4022 only able to carry its rated current multiplied with the rated diversity factor (see 5.3.3), due to  
4023 the thermal influence of the other circuits. Thus to verify the rated currents of all circuits a  
4024 separate test for each type of circuit is necessary. To verify the rated diversity factor one  
4025 additional test with simultaneous load on all circuits has to be done (see methods b) and c)).

4026 To avoid the large number of tests that may be necessary 10.10.2.3.5 describes a verification  
4027 method where only one test is made with simultaneous load on all circuits. Because with only  
4028 one test the rated currents and the rated diversity factor of the circuits cannot be verified  
4029 separately, it is assumed that the diversity factor is one. In this case the load currents are  
4030 equal to the rated currents.

#### 4031 **O.3.2 Method b) - Verification considering individual functional units separately and 4032 the complete ASSEMBLY (10.10.2.3.6)**

4033 With this arrangement of testing each critical variant of outgoing circuit is tested separately to  
4034 confirm its rating and then the ASSEMBLY as whole is tested with the incoming circuit loaded to  
4035 its rated current and groups of outgoing circuits, as necessary to distribute the incoming  
4036 current, loaded to their rated current multiplied by the diversity factor. The group tested  
4037 should include one outgoing circuit of each critical variant to be incorporated in the ASSEMBLY.  
4038 Where this is not practical, further groups are tested until all critical variants of outgoing  
4039 circuit have been considered.

4040 This test regime takes into account the diversity in the loading of outgoing circuits that is  
4041 applicable in the majority of applications. However, as in method a) above, the result is only  
4042 applicable to a specific arrangement of ASSEMBLY tested.

4043 **O.3.3 Method c) - Verification considering separate elements and the complete ASSEMBLY**  
4044 **(10.10.2.3.7)**

4045 This test method enables modular systems to be temperature rise verified without the need to  
4046 test every conceivable combination of circuits. Temperature rise tests are carried out  
4047 separately to prove the rating of:

- 4048 i. functional units,
- 4049 ii. main busbars,
- 4050 iii. distribution busbars,
- 4051 iv. complete ASSEMBLY.

4052 To verify the performance of the ASSEMBLY as a whole, these tests are then complimented by  
4053 a test on a representative ASSEMBLY in which the incoming circuit is loaded to its rated current  
4054 and the outgoing circuits are loaded to their rated current multiplied by the diversity factor.

4055 Whilst this approach requires more testing than methods a) and b) it has the advantage that  
4056 the modular system rather than a specific arrangement of ASSEMBLY is verified.

4057 **O.4 Calculation**

4058 Two methods of verifying temperature rise performance by calculation are included within the  
4059 standard.

4060 **O.4.1 Single compartment ASSEMBLY with a rated current not exceeding 630 A**

4061 A very simple method of temperature rise verification that requires confirmation that the total  
4062 power loss of the components and conductors within the ASSEMBLY do not exceed the known  
4063 power dissipation capability of the enclosure. The scope of this approach is very limited and  
4064 in order that there are no difficulties with hot spots, all components must be de-rated to 80%  
4065 of their free air current rating.

4066 **O.4.2 Multiple compartment ASSEMBLY with rated currents not exceeding 1600 A**

4067 Temperature rise verification is by calculation in accordance with IEC 60890 with additional  
4068 margins. The scope of this approach is limited to 1600 A, components are de-rated to 80% of  
4069 their free air rating or less and any horizontal partitions must have, as a minimum, a 50%  
4070 open area.

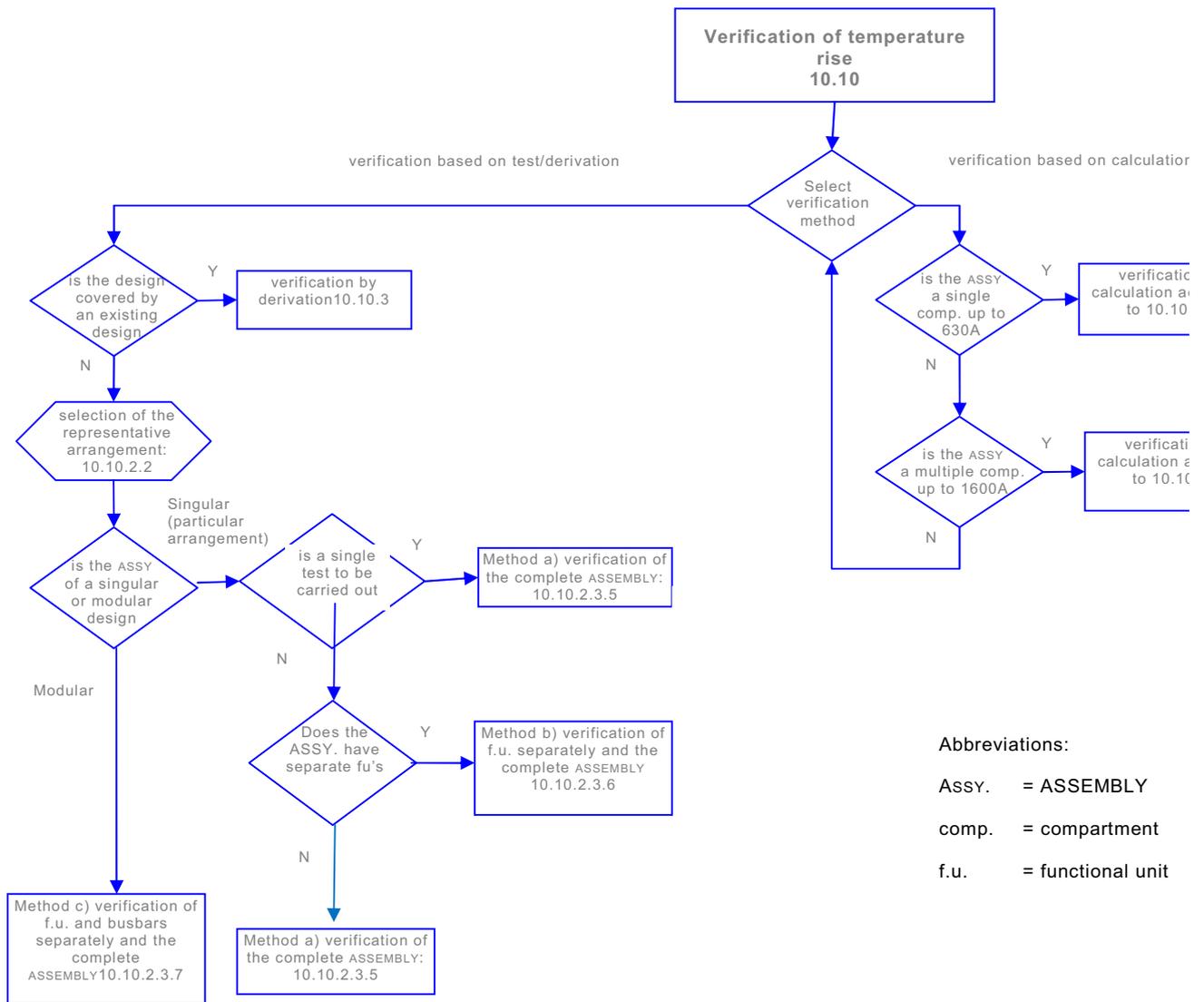
4071 **O.5 Design Rules**

4072 The standard allows, in clearly defined circumstances, for the derivation of ratings from  
4073 similar variants that have been verified by test. For example, if the current rating of a double  
4074 lamination busbar has been established by test, it is acceptable to assign a rating equal to  
4075 50% of the tested arrangement to a busbar comprising a single lamination with the same  
4076 width and thickness as the tested laminations, when all other considerations are the same.

4077 In addition, the rating of all circuits within a group of comparable functional units (all devices  
4078 must be of the same frame size and belong to the same series) can be derived from a single  
4079 temperature rise test on the critical variant within the group. An example of this may be to test  
4080 a nominal 250 A outgoing MCCB and establish a rating for it in the ASSEMBLY. Then, assuming  
4081 the same frame size breaker is being considered and other specified conditions are met,  
4082 verify by calculation the rating of a nominal 160 A MCCB within the same enclosure.

4083 Lastly, in respect of temperature rise, there are very strict design rules that permit the  
4084 substitution of a device with a similar device from another series or even another make,  
4085 without retesting. In this case, in addition to the physical arrangement being essentially the  
4086 same, the power loss and terminal temperature rise of the substitute device, when it is tested  
4087 in accordance with its own product standard, must not be higher than those of the original  
4088 device.

4089 Note: When considering device substitution all other performance criteria, in particular that dealing with short  
4090 circuit capability, must be considered and satisfied, in accordance with the standard, before an ASSEMBLY is  
4091 deemed to be verified.



4092

4093

**Figure O.1 - Temperature rise verification methods**

4094

**Annex P**  
 (normative)

4095  
 4096  
 4097  
 4098  
 4099  
 4100

**Verification of the short-circuit withstand strength of busbar structures by comparison with a tested reference design by calculation**

**P.1 General**

4102 This annex describes a method for assessing the short-circuit withstand strength of busbar structures of an ASSEMBLY by a comparison of the ASSEMBLY to be assessed with an ASSEMBLY already verified by test (see 10.11.5)..

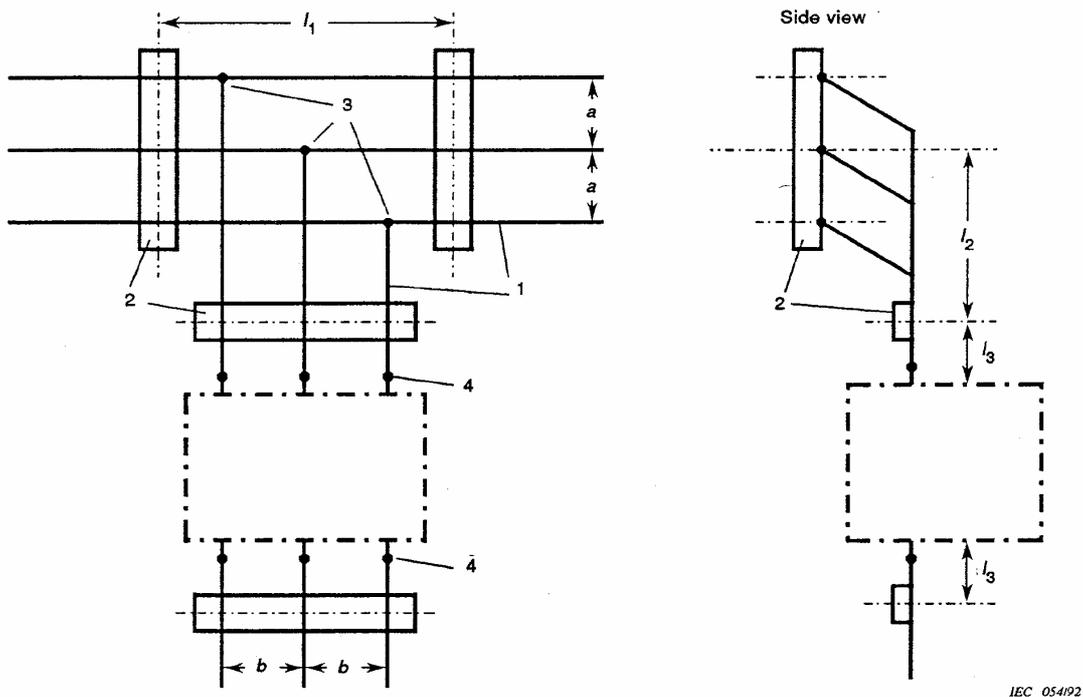
**P.2 Definitions**

**P.2.1**

**tested busbar structure (TS)**

4108 structure whose arrangement and equipment are documented by drawings, parts lists and descriptions in the test certificate (Figure P.1).

4110



4111

- 4112 1 = busbar
- 4113 2 = support
- 4114 3 = busbar connection
- 4115 4 = equipment connection
- 4116  $a, b, l$  = distances

4117

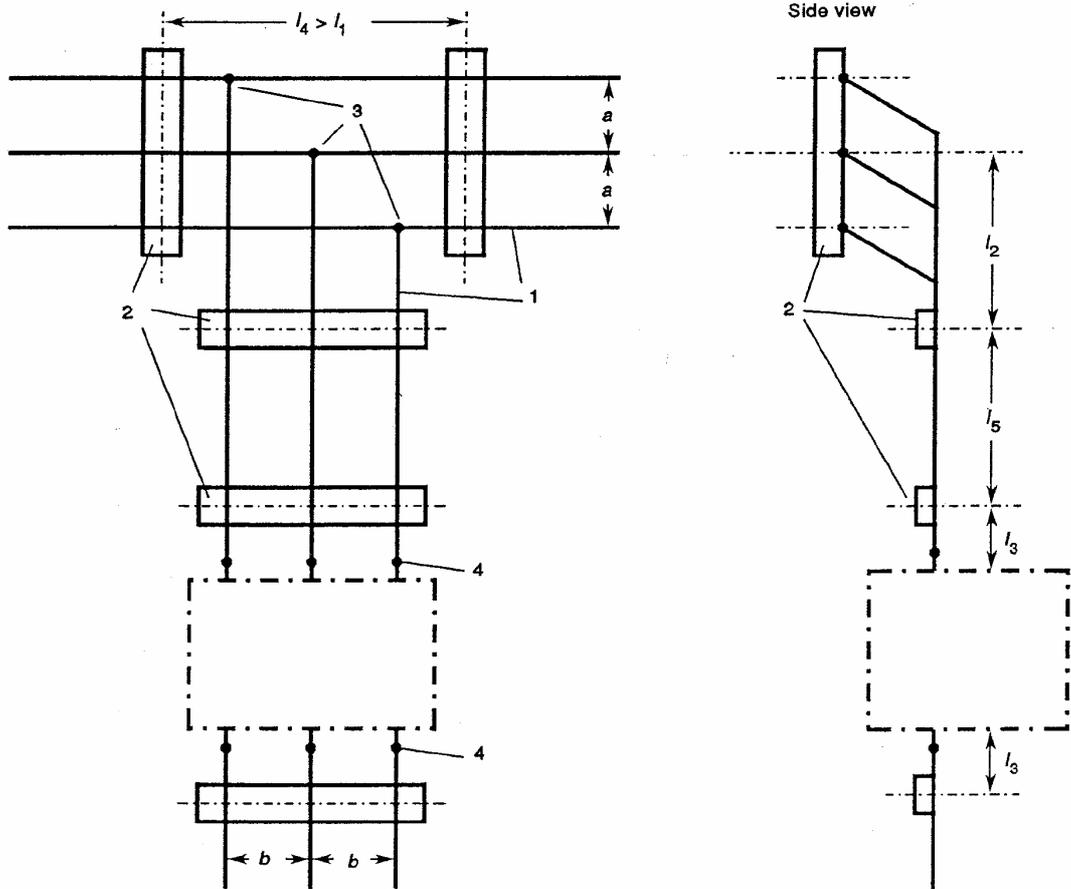
**Figure P.1 – Tested busbar structure (TS)**

**P.2.2**

**non tested busbar structure (NTS)**

4120 structure which requires verification of short-circuit withstand strength (Figure P.2).

4121



IEC 055192

4122

- 4123 1 = busbar
- 4124 2 = support
- 4125 3 = busbar connection
- 4126 4 = equipment connection
- 4127  $a, b, l$  = distances
- 4128

4129

**Figure P.2 - Non tested busbar structure (NTS)**

4130

4131 **P.3 Method of verification**

4132 The short-circuit withstand strength of a derived structure, i.e. an NTS, is verified from a  
4133 tested structure (TS) by applying calculations according to IEC 60865-1 to both structures.  
4134 The short-circuit withstand strength of the NTS is considered verified if the calculations show  
4135 that the NTS does not have to withstand higher mechanical and thermal stresses than the  
4136 tested structure.

4137 **P.4 Conditions for application**

4138 **P.4.1 General**

4139 Changes of parameters, such as busbar clearances, busbar material, busbar cross-section  
4140 and busbar configuration shown to be necessary by the calculation in conformity with  
4141 IEC 60865-1 are permissible only in so far as the following conditions are adhered to.

4142 **P.4.2 Peak short-circuit current**

4143 The short-circuit current may be changed only to lower values.

4144 **P.4.3 Thermal short-circuit strength**

4145 The thermal short-circuit strength of an NTS shall be verified by calculations according to  
4146 IEC 60865-1. The calculated temperature rise of the NTS shall not be higher than that of  
4147 the TS.

4148 **P.4.4 Busbar supports**

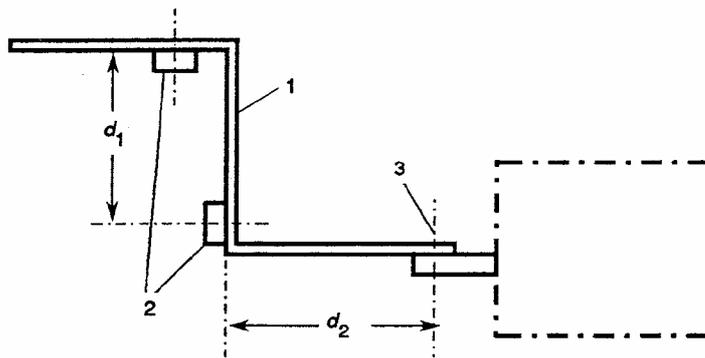
4149 Changes of material or shape of supports taken from an ASSEMBLY verified by test are not  
4150 permitted. However, other supports may be used but they shall have been previously tested  
4151 for the required mechanical strength.

4152 **P.4.5 Busbar connections, equipment connections**

4153 The type of busbar and equipment connections shall have been previously verified by test.

4154 **P.4.6 Angular busbar configurations**

4155 IEC 60865-1 is applicable only to straight busbar configurations. Angular busbar  
4156 configurations may be considered as a series of straight configurations when supports are  
4157 provided at the corners (see Figure P.3).



IEC 056892

4158  
4159

- 4160 1 = busbar  
4161 2 = support  
4162 3 = equipment connection  
4163  $d$  = support distance

4164 **Figure P.3 - Angular busbar configuration with supports at the corners**

4165 **P.4.7 Calculations with special regard to conductor oscillation**

4166 For calculations in conformity with IEC 60865-1 on the tested structure (TS), the following  
4167 values of the factors  $V_{\sigma}$ ,  $V_{\sigma S}$  and  $V_F$  shall be used:

4168 
$$V_{\sigma} = V_{\sigma S} = V_F = 1,0$$

4169  $V_{\sigma}$  is the ratio between dynamic and static main conductor stress

4170  $V_{\sigma S}$  is the ratio between dynamic and static sub-conductor stress

4171  $V_F$  is the ratio between dynamic and static force on support

4172 For the NTS,

4173 
$$V_{\sigma} = V_{\sigma S} = 1,0 \text{ and}$$

4174

4175  $V_F$  is found from calculations in accordance with IEC 60865-1, but  $V_F < 1,0$  is to be replaced  
4176 by  $V_F = 1,0$ .

4177

4178 **Bibliography**

- 4179 IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and*  
4180 *magnetic devices*
- 4181 IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 195: Earthing and*  
4182 *protection against electric shock*
- 4183 IEC 60050-441:2007, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 441: Switchgear,*  
4184 *controlgear and fuses*
- 4185 IEC 60050-471:2007, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 471: Insulators*
- 4186 IEC 60050-604:1987, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 604: Generation,*  
4187 *transmission and distribution of electricity – Operation*
- 4188 IEC 60050-826:2007, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 826: Electrical*  
4189 *installations*
- 4190 IEC 60050-601:1985, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 601: Generation,*  
4191 *transmission and distribution of electricity – General*
- 4192 IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*
- 4193 IEC 60092-302:1997, *Electrical installations in ships – Part 302: Low-voltage switchgear and*  
4194 *controlgear assemblies*
- 4195 IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking*  
4196 *indices of solid insulating materials*
- 4197 IEC 60227-3:1997, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including*  
4198 *450/750 V – Part 3: Non-sheathed cables for fixed wiring*
- 4199 IEC 60227-4:1992, *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including*  
4200 *450/750 V – Part 4: Sheathed cables for fixed wiring*
- 4201 IEC 60245-3:1994, *Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V –*  
4202 *Part 3: Heat resistant silicone insulated cables*
- 4203 IEC 60245-4:1994, *Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V –*  
4204 *Part 4: Cords and flexible cables*
- 4205 IEC 60417-DB:2002, *Graphical symbols for use on equipment*
- 4206 IEC 60502-1:2004, *Power cables with extruded insulation and their accessories for rated*  
4207 *voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$  kV) – Part 1: Cables for rated voltages*  
4208 *of 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) and 3 kV ( $U_m = 3,6$  kV)*
- 4209 IEC 61000-6-1:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards –*  
4210 *Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*
- 4211 IEC 61000-6-2:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards –*  
4212 *Immunity for industrial environments*
- 4213 IEC 61000-6-4:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards –*  
4214 *Emission standard for industrial environments*
- 4215 IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and*  
4216 *equipment*
- 4217 IEC 61241(all parts), *Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust*
- 4218 IEC/TR 61912-1:2007, *Low-voltage switchgear and controlgear - Overcurrent protective*  
4219 *devices - Part 1: Application of short-circuit ratings*

4220 IEC/TR 61912-2:2009, *Low-voltage switchgear and controlgear - Over-current protective*  
4221 *devices - Part 2: Selectivity under over-current conditions*

4222 DIN 43671:1975, *Copper busbars; design for continuous current*

4223

4224

---