

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung.....	11
1 Anwendungsbereich und Zweck	12
1.1 Anwendungsbereich	12
1.1.1 Einrichtungen, die zum Anwendungsbereich dieser Norm gehören	12
1.1.2 Einrichtungen, für die andere Anforderungen gelten können	12
1.2 Zweck.....	12
1.2.1 Aspekte, die zum Anwendungsbereich dieser Norm gehören	12
1.2.2 Aspekte, die aus dem Anwendungsbereich dieser Norm ausgeschlossen sind	13
2 Normative Verweisungen.....	13
3 Begriffe.....	15
4 Allgemeine Prüfanforderungen	26
4.1 Allgemeines.....	26
4.2 Allgemeine Prüfbedingungen.....	27
4.2.1 Prüffolge.....	27
4.2.2 Referenzprüfbedingungen	27
4.3 Wärmeprüfungen	30
4.3.1 Allgemeines	30
4.3.2 Höchsttemperaturen	30
4.4 Prüfung unter Einzelfehlerbedingungen	33
4.4.1 Allgemeines	33
4.4.2 Prüfbedingungen und Prüfdauer für die Prüfung unter Fehlerbedingungen	33
4.4.3 Übereinstimmung nach dem Anwenden von Fehlerbedingungen.....	34
4.4.4 Anzuwendende Einzelfehlerbedingungen	35
4.5 Feuchtigkeitsvorbehandlung	38
4.5.1 Allgemeines	38
4.5.2 Bedingungen.....	38
4.6 Spannungsrückspeisungsschutz	39
4.6.1 Rückspeisungsprüfungen unter bestimmungsgemäßen Bedingungen.....	39
4.6.2 Rückspeisungsprüfungen unter Einzelfehlerbedingungen	39
4.6.3 Einhaltung der Anforderungen bei den Rückspeisungsprüfungen	39
4.7 Prüfungen der elektrischen Bemessungsdaten	39
4.7.1 Eingangsbemessungsdaten	39
4.7.2 Ausgangsbemessungsdaten	40
5 Aufschriften und Dokumentation.....	40
5.1 Aufschriften	40
5.1.1 Allgemeines	40
5.1.2 Haltbarkeit von Aufschriften.....	40

	Seite
5.1.3	Kennzeichnung41
5.1.4	Bemessungsdaten der Einrichtung41
5.1.5	Kennzeichnung von Sicherungen41
5.1.6	Anschlüsse, Verbindungen und Betätigungselemente41
5.1.7	Schalter und Leistungsschalter42
5.1.8	Einrichtungen der Klasse II42
5.1.9	Anschlusskästen für äußere Verbindungen42
5.2	Warnaufschriften43
5.2.1	Anforderungen an die Sichtbarkeit und die Lesbarkeit von Warnaufschriften43
5.2.2	Inhalt von Warnaufschriften43
5.2.3	Aufschriften und Anweisungen für Gefahren durch Schall44
5.2.4	Einrichtungen mit mehreren Versorgungsquellen44
5.2.5	Übermäßiger Berührungsstrom44
5.3	Dokumentation44
5.3.1	Allgemeines44
5.3.2	Informationen, die sich auf die Errichtung beziehen45
5.3.3	Informationen, die sich auf den Betrieb beziehen46
5.3.4	Informationen, die sich auf die Wartung beziehen47
6	Umweltanforderungen und -bedingungen48
6.1	Umweltkategorien und Mindestwerte der Umgebungsbedingungen48
6.1.1	Im Freien48
6.1.2	Nicht klimatisiert in Innenräumen48
6.1.3	Klimatisiert in Innenräumen48
6.2	Verschmutzungsgrad49
6.3	Eindringschutz50
6.4	UV-Bestrahlung50
6.5	Temperatur und Feuchte50
7	Schutz gegen elektrischen Schlag und Gefahren durch elektrische Energie51
7.1	Allgemeines51
7.2	Fehlerbedingungen51
7.3	Schutz gegen elektrischen Schlag51
7.3.1	Allgemeines51
7.3.2	Klassifizierung der maßgeblichen Spannung52
7.3.3	Schutztrennung56
7.3.4	Schutz gegen direktes Berühren56
7.3.5	Schutz bei direkter Berührung61
7.3.6	Schutz gegen indirektes Berühren64
7.3.7	Isolierung mit Luft- und Kriechstrecken71

7.3.8	Kompatibilität mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) oder Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCM)	84
7.3.9	Schutz gegen elektrischen Schlag durch gespeicherte Energie	85
7.4	Schutz gegen Gefahren durch elektrische Energie	85
7.4.1	Feststellung eines gefährlichen Energiepegels	85
7.4.2	Bedienbereich	86
7.4.3	Betriebsbereiche	86
7.5	Elektrische Prüfungen, die sich auf die Gefahr eines elektrischen Schlages beziehen	87
7.5.1	Stoßspannungsprüfung (Typprüfung)	87
7.5.2	Spannungsprüfung (Prüfung der Spannungsfestigkeit) (Typprüfung und Stückprüfung)	88
7.5.3	Teilentladungsprüfung (Typprüfung oder Stichprobenprüfung)	92
7.5.4	Messung des Berührungstromes (Typprüfung)	94
7.5.5	Einrichtungen mit mehreren Versorgungsquellen	94
8	Schutz gegen mechanische Gefahren	95
8.1	Allgemeines	95
8.2	Bewegliche Teile	95
8.2.1	Schutz des Bedienpersonals	96
8.3	Standsicherheit	96
8.4	Vorrichtungen zum Anheben und Tragen	96
8.5	Wandmontage	97
8.6	Herausgeschleuderte Teile	97
9	Schutz gegen Brandgefahren	97
9.1	Brandbeständigkeit	97
9.1.1	Verringerung des Entzündungsrisikos und des Risikos der Brandausbreitung	98
9.1.2	Bedingungen für eine Brandschutzumhüllung	98
9.1.3	Anforderungen an Werkstoffe zum Schutz gegen Brandgefahren	99
9.1.4	Öffnungen in Brandschutzumhüllungen	102
9.2	Begrenzte Stromquellen	106
9.2.1	Allgemeines	106
9.2.2	Prüfungen der begrenzten Stromquellen	106
9.3	Kurzschluss- und Überstromschutz	108
9.3.1	Allgemeines	108
9.3.2	Anzahl und Anordnung der Überstromschutzvorrichtungen	108
9.3.3	Kurzschluss-Koordination (Reserveschutz)	108
10	Schutz gegen Gefahren durch Schalldruck	109
10.1	Allgemeines	109
10.2	Schalldruck und Schallpegel	109
10.2.1	Gefährliche Geräuschpegel	109

	Seite
11	Schutz gegen Gefahren durch Flüssigkeiten 109
11.1	Behälter für Flüssigkeiten, Flüssigkeitsdruck und Auslaufen von Flüssigkeit..... 109
11.2	Flüssigkeitsdruck und Auslaufen von Flüssigkeit..... 109
11.2.1	Höchstdruck 110
11.2.2	Auslaufen von Flüssigkeit aus Bauteilen 110
11.2.3	Überdruckschutzeinrichtungen 110
11.3	Öl und Fett..... 110
12	Chemische Gefahren 111
12.1	Allgemeines..... 111
13	Physikalische Anforderungen..... 111
13.1	Handgriffe und manuelle Betätigungselemente 111
13.1.1	Einstellbare Betätigungselemente 111
13.2	Sichern von Teilen..... 111
13.3	Vorrichtungen für äußere Verbindungen..... 112
13.3.1	Allgemeines..... 112
13.3.2	Verbindung mit einer Wechselstromnetzversorgung 112
13.3.3	Leitungsklemmen für die Verbindung mit äußeren Leitern 117
13.3.4	Anschlussraum für Versorgungsleitungen 119
13.3.5	Biegeraum für Drähte von 10 mm ² und größer 119
13.3.6	Trennung von Versorgungsquellen..... 120
13.3.7	Steckverbinder, Stecker und Steckdosen 120
13.3.8	Steckergeräte 120
13.4	Innere Verdrahtung und Verbindungen..... 121
13.4.1	Allgemeines..... 121
13.4.2	Verlegung..... 121
13.4.3	Farbcodierung 121
13.4.4	Spleiße und Verbindungen 121
13.4.5	Verbindungen zwischen Teilen des Leistungsumrichters..... 122
13.5	Öffnungen in Gehäusen 122
13.5.1	Obere Öffnungen und Seitenöffnungen 122
13.6	Polymerwerkstoffe..... 124
13.6.1	Allgemeines..... 124
13.6.2	Polymere, die als Gehäuse oder Schutzabdeckung zum Schutz gegen den Zugang zu Gefahren dienen 125
13.6.3	Polymere, die als Feststoffisolierung dienen 125
13.6.4	UV-Beständigkeit 125
13.7	Mechanische Beständigkeit gegen Durchbiegung, Schlag oder Fall..... 126
13.7.1	Allgemeines..... 126
13.7.2	Verformungsprüfung mit 250 N für Metallgehäuse 127

	Seite
13.7.3 Stoßprüfung mit 7 J für Polymergehäuse	127
13.7.4 Fallprüfung	127
13.8 Anforderungen an die Dicke von Metallgehäusen	128
13.8.1 Allgemeines	128
13.8.2 Metallgussgehäuse	128
13.8.3 Metallblechgehäuse	128
14 Bauteile	130
14.1 Allgemeines	130
14.2 Übertemperaturschutzeinrichtung für Motoren	132
14.3 Übertemperaturschutzeinrichtungen	132
14.4 Sicherungshalter	133
14.5 Geräte zur Auswahl der Netzspannung	133
14.6 Leiterplatten	133
14.7 Stromkreise oder Bauteile, die als Begrenzungseinrichtung für transiente Überspannungen benutzt werden	133
14.8 Batterien	134
14.8.1 Belüftung des Batteriegehäuses	134
14.8.2 Montage von Batterien	135
14.8.3 Auslaufen von Elektrolyt	135
14.8.4 Anschluss von Batterien	136
14.8.5 Anweisungen für die Wartung von Batterien	136
14.8.6 Zugänglichkeit und Wartungsfreundlichkeit von Batterien	136
15 Software und Firmware mit Sicherheitsfunktionen	136
Anhang A (normativ) Messung von Luft- und Kriechstrecken	137
Anhang B (normativ) Programmierbare Einrichtungen	141
Anhang C (normativ) Symbole zur Kennzeichnung von Einrichtungen	142
Anhang D (informativ) Prüfsonden für die Feststellung des Zugangs	144
Anhang E (informativ) Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	146
Anhang F (informativ) Höhenkorrektur für Luftstrecken	147
Anhang G (informativ) Bestimmung von Luft- und Kriechstrecken für Frequenzen über 30 kHz	148
Anhang H (informativ) Messeinrichtungen für die Messung des Berührungstromes (siehe 7.5.4)	151
Anhang I (informativ) Beispiele für Anforderungen an den Schutz, die Isolierung und die Überspannungskategorie für Leistungsumrichter	153
Anhang J (normativ) Prüfung der Beständigkeit gegen ultraviolettes Licht (siehe 13.6.4)	157
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	158
Bild 1 – Zusammenfassung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag	52
Bild 2 – Typische Kurvenform für Betriebswechselfspannung	55
Bild 3 – Typische Kurvenform für Betriebsgleichspannung	55

	Seite
Bild 4 – Typische Kurvenform für pulsierende Betriebsspannung	56
Bild 5 – Beispiele für den Schutz gegen direktes Berühren für Stromkreise mit DVC C	60
Bild 6 – Schutz durch DVC A mit Schutztrennung	61
Bild 7 – Schutz durch Schutzimpedanz.....	62
Bild 8 – Schutz durch Begrenzung der Entladungsenergie.....	63
Bild 9 – Schutz durch Spannungsbegrenzung	64
Bild 10 – Beispiel für eine Schutzverbindung und Erdung	65
Bild 11 – Impedanzprüfung der Schutzverbindung für die getrennte Einheit mit Stromzuführung vom Leistungsumrichter mit Überstromschutz des Versorgungskabels.....	67
Bild 12 – Impedanzprüfung der Schutzverbindung für die getrennte Einheit mit berührbaren Teilen und mit Stromzuführung vom Leistungsumrichter ohne Überstromschutz.....	68
Bild 13 – Verfahren der Spannungsprüfung	91
Bild 14 – Bodenöffnungen einer Brandschutzumhüllung unter einem nicht umhüllten oder teilweise umhüllten Bauteil.....	103
Bild 15 – Aufbau einer Ablenkplatte einer Brandschutzumhüllung	104
Bild 16 – Beispiele für Querschnitte von Öffnungen, die ein senkrechtes Eindringen verhindern.....	123
Bild 17 – Beispiele für die Ausführung von Luftschlitzen	123
Bild 18 – Gehäuseöffnungen.....	124
Bild 19 – Verfahren des Nachweises der Übereinstimmung.....	132
Bild A.1 – Schmale Nut.....	137
Bild A.2 – Breite Nut	138
Bild A.3 – V-förmige Nut	138
Bild A.4 – Rippe	138
Bild A.5 – Ungeklebtes Verbindungselement mit schmaler Nut.....	138
Bild A.6 – Ungeklebtes Verbindungselement mit breiter Nut	139
Bild A.7 – Ungeklebtes Verbindungselement mit schmaler und breiter Nut	139
Bild A.8 – Schmale Einsenkung	139
Bild A.9 – Breite Einsenkung.....	140
Bild A.10 – Dazwischen liegendes, nicht angeschlossenes leitfähiges Teil	140
Bild A.11 – Abstände auf mehrlagigen Leiterplatten	140
Bild D.1 – Prüffinger	144
Bild D.2 – Prüfstift.....	145
Bild D.3 – Gerader starrer Prüffinger.....	145
Bild E.1 – Flussdiagramm für die Auswahl des RCD/RCM-Typs, der dem Leistungsumrichter vorgeschaltet ist	146
Bild G.1 – Bestimmung von Luftstrecken für Frequenzen über 30 kHz	148
Bild G.2 – Bestimmung von Kriechstrecken für Frequenzen über 30 kHz.....	149
Bild H.1 – Messeinrichtung.....	151
Bild H.2 – Alternative Messeinrichtung.....	152
Bild I.1 – Durch einen Transformator getrennter (Basisisolierung) PV-Umrichter	154

	Seite
Bild I.2 – Durch einen Transformator getrennter (Basisisolierung) PV-Umrichter mit SPD zur Herabsetzung der Stoßspannung für Funktionsisolierung	155
Bild I.3 – Durch eine SPD getrennter PV-Umrichter zur Herabsetzung der Stoßspannung für Basisisolierung	155
Bild I.4 – Durch einen Transformator getrennter Hilfskreis mit verstärkter Isolierung	156
Bild I.5 – PV-Umrichter ohne Transformator	156
Tabelle 1 – Grenzwerte der Gesamttemperatur von Spulen und deren Isoliersysteme	31
Tabelle 2 – Grenzwerte der Gesamttemperatur für Werkstoffe und Bauteile, für die keine Bemessungsdaten des Herstellers und Bauteilnormen vorliegen (siehe 4.3.2)	32
Tabelle 3 – Grenzwerte der Gesamttemperatur für berührbare Flächen	32
Tabelle 4 – Umweltkategorien, Umgebungsbedingungen und Prüfanforderungen	49
Tabelle 5 – Herabsetzung des Verschmutzungsgrades der inneren Umgebung durch Verwendung eines zusätzlichen Schutzes	50
Tabelle 6 – Übersicht über die Grenzwerte der maßgeblichen Spannungsklassen	53
Tabelle 7 – Schutzanforderungen für betrachtete Stromkreise	54
Tabelle 8 – Isolierung zwischen ungeerdeten berührbaren Teilen und Stromkreisen mit DVC A oder DVC B, die an Stromkreise mit DVC B oder DVC C angrenzen	59
Tabelle 9 – Schutz durch Begrenzung der Entladungsenergie	63
Tabelle 10 – Prüfdauer für die Prüfung der Schutzverbindung	68
Tabelle 11 – Querschnitt des äußeren Schutzerdungsleiters	69
Tabelle 12 – Isolationsspannung für Niederspannungskreise	75
Tabelle 13 – Luftstrecken	78
Tabelle 14 – Kriechstrecken (mm)	80
Tabelle 15 – Stoßspannungsprüfung	87
Tabelle 16 – Stoßprüfspannung	88
Tabelle 17 – Prüfwechsel- oder -gleichspannung für Stromkreise, die direkt an das Stromversorgungsnetz angeschlossen sind	89
Tabelle 18 – Prüfwechsel- oder -gleichspannung für Stromkreise, die nicht direkt an das Stromversorgungsnetz angeschlossen sind	89
Tabelle 19 – Teilentladungsprüfung	93
Tabelle 20 – Zusammenfassung der Entflammbarkeitsanforderungen für Werkstoffe	102
Tabelle 21 – Zulässige Öffnungen in Böden von Brandschutzumhüllungen	104
Tabelle 22 – Grenzwerte für intern begrenzte Stromquellen	107
Tabelle 23– Grenzwerte für Stromquellen ohne interne Begrenzung	107
Tabelle 24 – Leitergrößen	115
Tabelle 25 – Physikalische Prüfungen an Netzanschlussleitungen	116
Tabelle 26 – Biegeraum für Drähte zwischen Anschlüssen und Hindernissen	119
Tabelle 27 – Mindestwerte der Erhaltung von Eigenschaften nach der UV-Bestrahlung	126
Tabelle 28 – Blechdicken für Metallgehäuse: Kohlenstoff oder Edelstahl	129
Tabelle 29 – Blechdicken für Metallgehäuse: Aluminium, Kupfer oder Messing	130
Tabelle A.1 – Wert für X	137

	Seite
Tabelle C.1 – Symbole	142
Tabelle F.1 – Korrekturfaktor für Luftstrecken in Höhen über 2 000 m (siehe 7.3.7.4.1).....	147
Tabelle F.2 – Prüfspannungen zum Nachweis von Luftstrecken in unterschiedlichen Höhen	147
Tabelle G.1 – Mindestwerte von Luftstrecken in Luft bei einem atmosphärischen Druck für inhomogene Feldbedingungen (IEC 60664-4, Tabelle 1)	149
Tabelle G.2 – Mindestwerte von Kriechstrecken für unterschiedliche Frequenzbereiche (IEC 60664-4, Tabelle 2).....	150