

**Deutsche Fassung**

**Sicherheit von Leistungsumrichtern zur Anwendung in photovoltaischen  
Energiesystemen –  
Teil 1: Allgemeine Anforderungen**

**Inhalt**

	Seite
Einleitung .....	6
1 Anwendungsbereich und Zweck .....	6
1.1 Anwendungsbereich .....	6
1.2 Zweck .....	6
2 Normative Verweisungen .....	7
3 Begriffe .....	9
4 Allgemeine Prüfanforderungen.....	20
4.1 Allgemeines .....	20
4.2 Allgemeine Prüfbedingungen .....	20
4.3 Wärmeprüfungen.....	23
4.4 Prüfung unter EINZELFEHLERBEDINGUNGEN .....	25
4.5 Feuchtigkeitsvorbehandlung.....	30
4.6 Spannungsrückspeisungsschutz .....	30
4.7 Prüfungen der elektrischen BEMESSUNGSDATEN.....	31
5 Aufschriften und Dokumentation .....	31
5.1 Aufschriften.....	31
5.2 Warnaufschriften .....	34
5.3 Dokumentation .....	36
6 Umweltaforderungen und -bedingungen .....	39
6.1 UMWELTKATEGORIEN und Mindestwerte der Umgebungsbedingungen .....	39
6.2 VERSCHMÜTZUNGSGRAD .....	40
6.3 Eindringenschutz .....	41
6.4 UV-Bestrahlung .....	41
6.5 Temperatur und Feuchte .....	41
7 Schutz gegen elektrischen Schlag und GEFAHREN durch elektrische Energie.....	42
7.1 Allgemeines .....	42
7.2 Fehlerbedingungen.....	42
7.4 Schutz gegen Gefahren durch elektrische Energie.....	72
7.5 Elektrische Prüfungen, die sich auf die GEFAHR eines elektrischen Schlages beziehen .....	74
8 Schutz gegen mechanische Gefahren .....	83
8.1 Allgemeines .....	83

	Seite
8.2	Bewegliche Teile..... 83
8.3	Standsicherheit ..... 84
8.4	Vorrichtungen zum Anheben und Tragen..... 84
8.5	Wandmontage..... 85
8.6	Herausgeschleuderte Teile..... 85
9	Schutz gegen BrandGEFAHREN ..... 85
9.1	Brandbeständigkeit ..... 85
9.2	BEGRENZTE STROMQUELLEN..... 95
10	Schutz gegen Gefahren durch Schalldruck ..... 97
10.1	Allgemeines ..... 97
10.2	Schalldruck und Schallpegel..... 97
11	Schutz gegen GEFAHREN durch Flüssigkeiten ..... 97
11.1	Behälter für Flüssigkeiten, Flüssigkeitsdruck und Auslaufen von Flüssigkeit ..... 97
11.2	Flüssigkeitsdruck und Auslaufen von Flüssigkeit ..... 97
11.3	Öl und Fett ..... 98
12	Chemische GEFAHREN ..... 99
12.1	Allgemeines ..... 99
13	Physikalische Anforderungen ..... 99
13.1	Handgriffe und manuelle Betätigungselemente..... 99
13.2	Sichern von Teilen ..... 99
13.3	Vorrichtungen für äußere Verbindungen ..... 100
13.4	Innere Verdrahtung und Verbindungen ..... 109
13.5	Öffnungen in GEHÄUSEN..... 110
13.6	Polymerwerkstoffe ..... 112
13.7	Mechanische Beständigkeit gegen Durchbiegung, Schlag oder Fall ..... 114
13.8	Anforderungen an die Dicke von MetallGEHÄUSEN ..... 116
14	Bauteile ..... 118
14.1	Allgemeines ..... 118
14.2	Übertemperaturschutzeinrichtung für Motoren ..... 120
14.3	Übertemperaturschutzeinrichtungen..... 120
14.4	Sicherungshalter ..... 120
14.5	Geräte zur Auswahl der Netzspannung..... 120
14.6	Leiterplatten ..... 121
14.7	Stromkreise oder Bauteile, die als Begrenzungseinrichtung für transiente Überspannungen benutzt werden ..... 121
14.8	Batterien..... 121
Anhang A (normativ)	Messung von LUFT- und KRIECHSTRECKEN (siehe 7.3.7.4 und 7.3.7.5)..... 124
Anhang B (normativ)	Programmierbare Einrichtungen ..... 130
B.1	Software oder Firmware, die sicherheitskritische Funktionen ausführt ..... 130

	Seite
B.2 Bewertung von Regel- und Steuergeräten, die Software verwenden .....	130
B.2.1 Risikoanalyse .....	130
Anhang C (informativ) Teile, zwischen denen Isolationsanforderungen festgelegt sind.....	131
Anhang D (normativ) Symbole zur Kennzeichnung von Einrichtungen.....	132
Anhang E (informativ) Prüfsonden für die Feststellung des Zugangs .....	134
Anhang F (informativ) Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen .....	136
F.1 Auswahl des RCD-Typs in einem Wechselstromkreis .....	136
F.2 Kurvenverläufe von Fehlerströmen .....	137
Anhang G (informativ) Höhenkorrektur für LUFTSTRECKEN .....	139
Anhang H (informativ) Bestimmung von LUFT- und KRIECHSTRECKEN für Frequenzen über 30 kHz .....	141
H.1 LUFTSTRECKE .....	141
H.2 KRIECHSTRECKE.....	142
Anhang I (informativ) Liste der Prüfanforderungen .....	144
Anhang J (informativ) Messeinrichtungen für die Messung des Berührungsstromes (siehe 7.5.5).....	146
J.1 Messeinrichtung .....	146
J.2 Alternative Messeinrichtung .....	147
Anhang K (informativ) Beispiele für Anforderungen an den Schutz, die Isolierung und die ÜBERSpannungskategorie für LEISTUNGsumRICHTER.....	148
K.1 Schutz, Isolierung und Überspannung .....	148
Anhang L (normativ) Prüfung der Beständigkeit gegen ultraviolettes Licht (siehe 13.6.4) .....	153
L.1 Prüfeinrichtung .....	153
L.2 Montage der Prüfmuster .....	153
L.3 Kohlelichtbogen-Bestrahlungseinrichtung .....	153
L.4 Xenonlichtbogen-Bestrahlungseinrichtung .....	153
Bild 7.1 – Zusammenfassung der Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag .....	43
Bild 7.2 – Typische Kurvenform für Betriebswechselfspannung .....	45
Bild 7.3 – Typische Kurvenform für Betriebsgleichspannung .....	46
Bild 7.4 – Typische Kurvenform für pulsierende Betriebsspannung.....	46
Bild 7.5 – Beispiele für den Schutz gegen direktes Berühren für Stromkreise mit DVC C.....	50
Bild 7.6 – Schutz durch DVC A mit SCHUTZTRENNUNG .....	51
Bild 7.7 – Schutz durch SCHUTZIMPEDANZ.....	52
Bild 7.8 – Schutz durch Begrenzung der Entladungsenergie .....	53
Bild 7.9 – Schutz durch Spannungsbegrenzung .....	54
Bild 7.10 – Beispiel für eine SCHUTZVERBINDUNG.....	55
Bild 7.11 – Spannungsgrenzwerte unter Fehlerbedingungen .....	57
Bild 7.12 – Verfahren der Spannungsprüfung .....	79
Bild 9.1 – Bodenöffnungen einer BRANDSCHUTZUMHÜLLUNG unter nicht umhüllten oder teilweise umhüllten Bauteilen .....	92
Bild 9.2 – Aufbau einer Ablenkplatte einer BRANDSCHUTZUMHÜLLUNG.....	93

	Seite
Bild 13.1 – Beispiele für Querschnitte von Öffnungen, die ein senkrechtes Eindringen verhindern .....	111
Bild 13.2 – Beispiele für die Ausführung von Luftschlitzen .....	111
Bild 13.3 – GEHÄUSEÖFFNUNGEN .....	112
Bild 13A – Verfahren des Nachweises der Übereinstimmung .....	119
Bild A.1 – Schmale Nut .....	125
Bild A.2 – Breite Nut .....	125
Bild A.3 – V-förmige Nut .....	125
Bild A.4 – Rippe .....	125
Bild A.5 – Ungeklebtes Verbindungselement mit schmaler Nut .....	126
Bild A.6 – Ungeklebtes Verbindungselement mit breiter Nut .....	126
Bild A.7 – Ungeklebtes Verbindungselement mit schmaler und breiter Nut .....	126
Bild A.8 – Schmale Einsenkung .....	127
Bild A.9 – Breite Einsenkung .....	127
Bild A.10 – Beschichtung um ANSCHLÜSSE .....	128
Bild A.11 – Beschichtung über der gedruckten Verdrahtung .....	128
Bild A.12 – Dazwischen liegendes, nicht angeschlossenes leitfähiges Teil .....	128
Bild A.13 – Abstände auf mehrlagigen Leiterplatten .....	129
Bild E.1 – Prüffinger .....	134
Bild E.2 – Prüfstift .....	135
Bild E.3 – Gerader starrer Prüffinger .....	135
Bild F.1 – Flussdiagramm für die Auswahl des RCD/RCM-Typs, der dem LEISTUNGSUMRICHTER vorgeschaltet ist .....	136
Bild H.1 – Bestimmung von LUFTSTRECKEN für Frequenzen über 30 kHz .....	141
Bild H.2 – Bestimmung von KRIECHSTRECKEN für Frequenzen über 30 kHz .....	142
Bild J.1 – Messeinrichtung .....	146
Bild J.2 – Alternative Messeinrichtung .....	147
Bild K.1 – Durch einen Transformator getrennter (BASISISOLIERUNG) PV-Umrichter .....	148
Bild K.2 – Durch einen Transformator getrennter (BASISISOLIERUNG) PV-Umrichter mit SPD zur Herabsetzung der Stoßspannung für FUNKTIONISOLIERUNG .....	149
Bild K.3 – Durch einen Transformator getrennter (BASISISOLIERUNG) PV-Umrichter mit SPD zur Herabsetzung der Stoßspannung für BASISISOLIERUNG .....	149
Bild K.4 – Durch einen Transformator getrennter (BASISISOLIERUNG) PV-Umrichter mit SPD zur Herabsetzung der Stoßspannung für BASISISOLIERUNG .....	150
Bild K.5 – Ohne Transformator getrennter PV-Umrichter .....	150
Bild K.6 – Mit einem Transformator funktionsisolierter PV-Umrichter mit PV-Leistungseingang mit DVC A oder B .....	151
Bild K.7 – PV-Umrichter ohne Transformator mit PV-Leistungseingang mit DVC A oder B .....	151
Bild K.8 – PV-Umrichter mit batteriegestützter Stromversorgung .....	152
Bild K.9 – Ladesteuergerät .....	152
Tabelle 4.1 – Grenzwerte der Gesamttemperatur von Spulen und deren Isoliersysteme .....	24

	Seite
Tabelle 4.2 – Grenzwerte der Gesamttemperatur für Werkstoffe und Bauteile, für die keine BEMESSUNGSDATEN des Herstellers und Bauteilnormen vorliegen (siehe 4.3.2).....	25
Tabelle 4.3 – Grenzwerte der Gesamttemperatur für Flächen.....	25
Tabelle 6.1 – UMWELTKATEGORIEN, Umgebungsbedingungen und Prüfanforderungen .....	40
Tabelle 6.2 – Herabsetzung des VERSCHMUTZUNGSGRADES der inneren Umgebung durch Verwendung eines zusätzlichen Schutzes .....	41
Tabelle 7.1 – Übersicht über die Grenzwerte der MAßGEBLICHEN SPANNUNGSKLASSEN .....	44
Tabelle 7.2 – Schutzanforderungen für betrachtete Stromkreise.....	45
Tabelle 7.3 – Isolierung zwischen ungeerdeten BERÜHRBAREN Teilen und Stromkreisen mit DVC A oder DVC B, die an Stromkreise mit DVC B oder DVC C angrenzen.....	49
Tabelle 7.8 – Schutz durch Begrenzung der Entladungsenergie .....	53
Tabelle 7.5 – Querschnitt des äußeren SCHUTZERDUNGSLEITERS.....	57
Tabelle 7.6 – Isolationsspannung für Niederspannungskreise.....	62
Tabelle 7.7 – LUFTSTRECKEN.....	65
Tabelle 7.8 – KRIECHSTRECKEN (mm).....	67
Tabelle 7.9 – Stoßspannungsprüfung.....	75
Tabelle 7.10 – Stoßprüfspannung .....	76
Tabelle 7.11 – Prüfwechsel- oder -gleichspannung für Stromkreise, die direkt an das STROMVERSORGUNGSNETZ angeschlossen sind.....	77
Tabelle 7.12 – Prüfwechsel- oder -gleichspannung für Stromkreise, die nicht direkt an das STROMVERSORGUNGSNETZ angeschlossen sind.....	78
Tabelle 7.13 – Teilentladungsprüfung .....	81
Tabelle 9.1 – Zusammenfassung der Entflammbarkeitsanforderungen für Werkstoffe .....	91
Tabelle 9.2 – Zulässige Öffnungen in Böden von BRANDSCHUTZUMHÜLLUNGEN .....	93
Tabelle 9.3 – Grenzwerte für intern BEGRENZTE STROMQUELLEN .....	96
Tabelle 9.4 – Grenzwerte für Stromquellen ohne interne Begrenzung .....	96
Tabelle 13.1 – Leitergrößen.....	103
Tabelle 13.2 – Physikalische Prüfungen an Netzanschlussleitungen .....	104
Tabelle 13.3 – Biegeraum für Drähte zwischen ANSCHLÜSSEN und Hindernissen .....	107
Tabelle 13.4 – Mindestwerte der Erhaltung von Eigenschaften nach der UV-Bestrahlung .....	114
Tabelle 13.5 – Blechdicken für MetallGEHÄUSE: Kohlenstoff- oder Edelstahl .....	117
Tabelle 13.6 – Blechdicken für MetallGEHÄUSE: Aluminium, Kupfer oder Messing .....	118
Tabelle A.1 – Wert für X.....	124
Tabelle D.1 – Symbole.....	132
Tabelle G.1 – Korrekturfaktor für LUFTSTRECKEN in Höhen zwischen 2 000 m und 20 000 m (siehe 7.3.7.4.1).....	139
Tabelle G.2 – Prüfspannungen zum Nachweis von LUFTSTRECKEN in unterschiedlichen Höhen .....	140
Tabelle H.1 – Mindestwerte von LUFTSTRECKEN in Luft bei einem atmosphärischen Druck für INHOMOGENE FELDBEDINGUNGEN (IEC 60664-4, Tabelle 1).....	142
Tabelle H.2 – Mindestwerte von KRIECHSTRECKEN für unterschiedliche Frequenzbereiche (IEC 60664-4, Tabelle 2) .....	143