

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Vorwort zu A11	3
Europäisches Vorwort zu A1	4
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	13
4 Schutz gegen Gefährdungen	23
4.1 Allgemeines	23
4.2 Fehlerbedingungen und außergewöhnliche Bedingungen	24
4.3 Kurzschluss- und Überstromschutz	25
4.4 Schutz gegen elektrischen Schlag	28
4.5 Schutz gegen energetische Gefährdungen	60
4.6 Schutz gegen Brand und thermische Gefährdungen	61
4.7 Schutz gegen mechanische Gefährdungen	69
4.8 Betriebsmittel mit mehreren Versorgungsquellen	71
4.9 Schutz gegen Beanspruchungen durch die Umwelt	72
4.10 Schutz gegen Gefährdungen durch Schalldruck	73
4.11 Verdrahtung und Verbindungen	73
4.12 Schutzgehäuse	77
5 Anforderungen an Prüfungen	81
5.1 Allgemeines	81
5.2 Prüfbestimmungen	84
6 Anforderungen an Informationen und Aufschriften	117
6.1 Allgemeines	117
6.2 Informationen zur Auswahl	119
6.3 Informationen für die Errichtung und Inbetriebnahme	120
6.4 Informationen zum Einsatz	123
6.5 Informationen zur Instandhaltung	126
Anhang A (normativ) Ergänzende Informationen für den Schutz gegen elektrischen Schlag	128
Anhang B (informativ) Verringerung des Verschmutzungsgrades	144
Anhang C (informativ) Symbole, auf die in IEC 62477 verwiesen wird	145
Anhang D (normativ) Bewertung von Luft- und Kriechstrecken	146
Anhang E (informativ) Höhenkorrektur für Luftstrecken	153
Anhang F (normativ) Bestimmung von Luft- und Kriechstrecken für Frequenzen über 30 kHz	154
Anhang G (informativ) Querschnitte von runden Leitern	160
Anhang H (informativ) Richtlinien der RCD-Kompatibilität	161
Anhang I (informativ) Beispiele für die Herabsetzung der Überspannungskategorie	165
Anhang J (informativ) Schwellenwerte für Verbrennungen an heißen Oberflächen	171
Anhang K (informativ) Tabelle der elektrochemischen Potentiale	174

	Seite
Anhang L (informativ) Messgerät zur Messung des Berührungsstroms	175
Anhang M (informativ) Prüfsonden für die Bestimmung des Zugangs	176
Anhang N (informativ) Leitfaden hinsichtlich der Kurzschlussstromfestigkeit	178
Literaturhinweise	189
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	192

Bilder

Bild 1 – Berührungszeit – Bereiche der Gleichspannungsscheitelwerte für Herzkammerflimmern bei trockenem Zustand der Haut	31
Bild 2 – Berührungszeit – Bereiche der Gleichspannungsscheitelwerte für Herzkammerflimmern bei wassernassem Zustand der Haut	31
Bild 3 – Berührungszeit – Bereiche der Gleichspannungsscheitelwerte für Herzkammerflimmern bei salzwassernassem Zustand der Haut	32
Bild 4 – Beispiel für eine PECS-Baueinheit und deren zugehöriger Schutzpotentialausgleich	37
Bild 5 – Beispiel für eine PECS-Baueinheit und deren zugehöriger Schutzpotentialausgleich	38
Bild 6 – Öffnungen in der Unterseite eines Brandschutzgehäuses unter einem ungekapselten oder teilgekapselten brandgefährdeten Bauelement	64
Bild 7 – Bauweise der Ablenkbleche für Brandschutzumhüllungen	65
Bild 8 – Unterstützte und nicht unterstützte Gehäuseteile	78
Bild 9 – Schlagprüfung mit einer Stahlkugel	87
Bild 10 – Durchführung der Spannungsprüfung	94
Bild 11 – Prüfung der Impedanz des Schutzpotentialausgleichs für eine getrennte Einheit, deren Stromversorgung von der PECS gemeinsam mit dem Schutz über das Stromversorgungskabel erfolgt	100
Bild 12 – Prüfung der Impedanz des Schutzpotentialausgleichs für eine Teilbaugruppe mit berührbaren Teilen und mit Stromversorgung aus dem PECS	101
Bild 13 – Schaltung für die Hochstrom-Lichtbogenprüfung	109
Bild 14 – Prüfaufbau für die Entzündungsprüfung mit dem Heizdraht	110
Bild A.1 – Schutz durch DVC As, mit sicherer Trennung	128
Bild A.2 – Schutz durch Schutzimpedanz	128
Bild A.3 – Schutz durch Spannungsbegrenzung	129
Bild A.4 – Berührungszeit/Gleichspannung-Bereiche für trockenen Zustand der Haut	132
Bild A.5 – Berührungszeit/Gleichspannung-Bereiche für wassernassen Zustand der Haut	132
Bild A.6 – Berührungszeit/Gleichspannung für salzwassernassen Zustand der Haut	133
Bild A.7 – Berührungszeit/Gleichspannung-Bereiche für trockenen Zustand der Haut	133
Bild A.8 – Berührungszeit/Gleichspannung-Bereiche für wassernassen Zustand der Haut	134
Bild A.9 – Berührungszeit/Gleichspannung-Bereiche für salzwassernassen Zustand der Haut	134
Bild A.10 – Berührungszeit/Gleichspannung-Bereiche für trockenen Zustand der Haut	135
Bild A.11 – Berührungszeit/Gleichspannung-Bereiche für wassernassen Zustand der Haut	135
Bild A.12 – Berührungszeit/Wechselspannung-Bereiche für trockenen Zustand der Haut	136
Bild A.13 – Berührungszeit/Wechselspannung-Bereiche für wassernassen Zustand der Haut	136
Bild A.14 – Berührungszeit/Wechselspannung-Bereiche für salzwassernassen Zustand der Haut	137
Bild A.15 – Berührungszeit/Wechselspannung-Bereiche für trockenen Zustand der Haut	137

	Seite
Bild A.16 – Berührungszeit/Wechselspannung-Bereiche für wassernassen Zustand der Haut	138
Bild A.17 – Berührungszeit/Wechselspannung-Bereiche für salzwassernassen Zustand der Haut.....	138
Bild A.18 – Berührungszeit/Wechselspannung-Bereiche für trockenen Zustand der Haut	139
Bild A.19 – Berührungszeit/Wechselspannung-Bereiche für wassernassen Zustand der Haut	139
Bild A.20 – Typischer Kurvenverlauf für eine Arbeitswechselspannung.....	140
Bild A.21 – Typischer Kurvenverlauf für eine Arbeitsgleichspannung	140
Bild A.22 – Typischer Kurvenverlauf für eine pulsierende Arbeitsspannung	141
Bild F.1 – Bemessung der Luftstrecken	155
Bild F.2 – Bemessung der Kriechstrecken	157
Bild F.3 – Zulässige Feldstärke für die Bemessung der festen Isolierung nach Gleichung (1)	159
Bild H.1 – Flussdiagramm für die Auswahl des RCD-Typs, wenn ein PECS nachgeschaltet wird	161
Bild H.2 – Kurvenverläufe von Fehlerströmen in Schaltungen mit Halbleiterbauelementen	163
Bild I.1 – Bewertung der Basisisolierung für Stromkreise, die direkt am Einspeisepunkt des Versorgungsnetzes der Anlage angeschlossen sind.....	165
Bild I.2 – Bewertung der Basisisolierung für Stromkreise, die direkt an das Versorgungsnetz angeschlossen sind.....	165
Bild I.3 – Bewertung der Basisisolierung für Betriebsmittel, die an das Versorgungsnetz nicht fest angeschlossen sind.....	166
Bild I.4 – Bewertung der Basisisolierung für Stromkreise, die am Einspeisepunkt des Versorgungsnetzes der Anlage angeschlossen sind, wobei innere SPDs benutzt werden	166
Bild I.5 – Bewertung der Basisisolierung für Stromkreise, die an das Versorgungsnetz angeschlossen sind, wobei innere SPDs benutzt werden	166
Bild I.6 – Beispiel für die Bewertung der sicheren Trennung für Stromkreise, die an das Versorgungsnetz angeschlossen sind, wobei innere SPDs benutzt werden.....	167
Bild I.7 – Beispiel für die Bewertung der sicheren Trennung für Stromkreise, die an das Versorgungsnetz angeschlossen sind, wobei innere SPDs benutzt werden.....	167
Bild I.8 – Beispiel für die Bewertung der sicheren Trennung für Stromkreise, die an das Versorgungsnetz angeschlossen sind, wobei innere SPDs benutzt werden.....	167
Bild I.9 – Bewertung der Basisisolierung für Stromkreise, die nicht direkt an das Versorgungsnetz angeschlossen sind.....	168
Bild I.10 – Bewertung der Basisisolierung für Stromkreise, die nicht direkt an das Versorgungsnetz angeschlossen sind.....	168
Bild I.11 – Bewertung der Funktionsisolierung innerhalb von Stromkreisen, die durch äußere Transienten beeinflusst werden	168
Bild I.12 – Bewertung der Basisisolierung für Stromkreise, die direkt an das Versorgungsnetz angeschlossen und die nicht direkt an das Versorgungsnetz angeschlossen sind.....	169
Bild I.13 – Bewertung der Isolierung für einen berührbaren Stromkreis mit DVC A	169
Bild I.14 – PEC mit Netzversorgung und Nicht-Netzstromkreis ohne galvanische Trennung	170
Bild I.15 – Transformatorisolierter (basisisolierter) PEC-Umrichter mit SPD und Transformator zur Verringerung der Stoßspannung für Funktionsisolierung und Basisisolierung.....	170
Bild J.1 – Verteilung der Schwellenwerte für Verbrennungen, wenn die Haut eine heiße und glatte Oberfläche aus blankem (unbeschichtetem) Metall berührt	171
Bild J.2 – Anstieg der Verteilung der Schwellenwerte für Verbrennungen aus Bild J.1 für Metalle, die mit Schichtdicken von 50 µm, 100 µm und 150 µm lackiert sind.....	172
Bild J.3 – Anstieg der Verteilung der Schwellenwerte für Verbrennungen aus Bild J.1 für Metalle, die mit speziellen Materialien beschichtet sind.....	172

	Seite
Bild J.4 – Verteilung der Schwellenwerte für Verbrennungen, wenn die Haut eine heiße und glatte Oberfläche aus Keramik-, Glas- und Steinwerkstoffen berührt.....	173
Bild J.5 – Verteilung der Schwellenwerte für Verbrennungen, wenn die Haut eine heiße und glatte Oberfläche aus Kunststoffen berührt.....	173
Bild K.1 – Elektrochemische Potentiale (V).....	174
Bild L.1 – Messgerät.....	175
Bild M.1 – 50-mm-Kugelsonde (IPXXA).....	176
Bild M.2 – Gegliederter Prüffinger (IPXXB).....	176
Bild M.3 – 2,5-mm-Prüfstab (IP3X).....	177
Bild N.1 – Beispiel einer Kurzschlussstromkurve bei Festlegung von I_{CC}	180
Bild N.2 – Beispiel für die Auslösekennlinie eines Leistungsschalters.....	181
Bild N.3 – Beispiel für die Auslösekennlinie einer strombegrenzenden Sicherung.....	181
Bild N.4 – Beispiel einer Kurzschlussstromkurve bei Festlegung von I_{CW}	182
Bild N.5 – Zwei PECS mit verschiedenen Spezifikationen.....	183
Bild N.6 – Eine PECS mit verschiedenen Spezifikationen für jeden Eingangs-Stromversorgungsport.....	185
Bild N.7 – Flussdiagramm für die Klassifikation von I_{CC} oder I_{CW}	187

Tabellen

Tabelle 1 – Alphabetische Aufstellung der Begriffe.....	14
Tabelle 2 – Auswahl der DVC für die Berührungsspannung zum Schutz gegen Herzkammerflimmern.....	29
Tabelle 3 – Auswahl der Körperkontaktfläche.....	30
Tabelle 4 – Auswahl des Feuchtigkeitszustandes der Haut.....	30
Tabelle 5 – Spannungsgrenzwerte für die Klassen der maßgeblichen Spannung.....	30
Tabelle 6 – Schutzerfordernisse für den betrachteten Stromkreis.....	33
Tabelle 7 – Querschnitte der Schutzleiter.....	39
Tabelle 8 – Definitionen der Verschmutzungsgrade.....	45
Tabelle 9 – Stehstoßspannung und zeitweilige Überspannung in Abhängigkeit von der Systemspannung.....	47
Tabelle 10 – Luftstrecken für Funktions-, Basis- oder zusätzliche Isolierung.....	52
Tabelle 11 – Kriechstrecken (in Millimeter).....	54
Tabelle 12 – Grundwerkstoffe für die direkte Unterlage von nicht isolierten aktiven Teilen.....	56
Tabelle 13 – Zulässige Öffnungen in den Unterseiten von Brandschutzgehäusen.....	65
Tabelle 14 – Höchste gemessene Temperaturen für im Innern verwendete Werkstoffe und Bauelemente.....	66
Tabelle 15 – Höchste gemessene Temperaturen von berührbaren Teilen des PECS.....	68
Tabelle 16 – Grenzwerte für Stromquellen ohne Überstrom-Schutzeinrichtung.....	69
Tabelle 17 – Grenzwerte für Stromquellen mit Überstrom-Schutzeinrichtung.....	69
Tabelle 18 – Umweltbetriebsbedingungen.....	72
Tabelle 19 – Mindestbiegeraum von den Anschlussklemmen zum Schutzgehäuse.....	76
Tabelle 20 – Dicke des Metallbleches für Schutzgehäuse: Kohlenstoffstahl oder nichtrostender Stahl.....	79
Tabelle 21 – Dicke des Metallbleches für Schutzgehäuse: Aluminium, Kupfer oder Messing.....	80

	Seite
Tabelle 22 – Übersicht über die Prüfungen.....	83
Tabelle 23 – Werte der Zugkraft für die Prüfung der Sicherung von Griffen und handbetätigten Einstellelementen.....	88
Tabelle 24 – Stoßspannungsprüfung	89
Tabelle 25 – Prüfstoßspannung	90
Tabelle 26 – Prüfwechsel- oder -gleichspannung für Stromkreise, die direkt an das Versorgungsnetz angeschlossen sind	92
Tabelle 27 – Prüfwechsel- oder -gleichspannung für Stromkreise, die an ein Fremdversorgungsnetz angeschlossen sind, ohne zeitweilige Überspannungen	93
Tabelle 28 – Teilentladungsprüfung	96
Tabelle 29 – Prüfdauer für die Prüfung des Schutzpotentialausgleichs	101
Tabelle 37 – Prüfwechselstrom für die Kurzzeitstromfestigkeit, Mindestanforderungen an PECS	108
Tabelle 30 – Umweltprüfungen	113
Tabelle 31 – Prüfung mit trockener Wärme (konstant)	114
Tabelle 32 – Prüfung mit feuchter Wärme (konstant)	115
Tabelle 33 – Schwingprüfung	116
Tabelle 34 – Prüfung mit Salzsprühnebel	116
Tabelle 35 – Prüfung mit Staub und Sand	117
Tabelle 36 – Anforderungen an Informationen.....	118
Tabelle A.1 – Auswahl von Berührungsspannungsgruppen zum Schutz gegen Herzkammerflimmern.....	130
Tabelle A.2 – Auswahl von Berührungsspannungsgruppen zum Schutz gegen Muskelreaktion.....	131
Tabelle A.3 – Auswahl von Berührungsspannungsgruppen zum Schutz gegen Schreckreaktion	131
Tabelle A.4 – Beispiele für den Schutz gegen elektrischen Schlag.....	142
Tabelle C.1 – Verwendete Symbole.....	145
Tabelle D.1 – Nutenbreiten für Verschmutzungsgrade.....	146
Tabelle E.1 – Korrekturfaktor für Luftstrecken in Höhenlagen zwischen 2 000 m und 20 000 m.....	153
Tabelle E.2 – Prüfspannungen für die Überprüfung von Luftstrecken in unterschiedlichen Höhenlagen.....	153
Tabelle F.1 – Mindestwerte der Luftstrecken in Luft bei atmosphärischem Druck für inhomogene Feldbedingungen (IEC 60664-4, Tabelle 1).....	156
Tabelle F.2 – Multiplikationsfaktoren für Luftstrecken in Luft bei atmosphärischem Druck für nahezu homogene Feldbedingungen	156
Tabelle F.3 – Mindestwerte der Kriechstrecken für verschiedene Frequenzbereiche (Tabelle 2 in IEC 60664-4:2005).....	157
Tabelle G.1 – Genormte Querschnitte von runden Leitern	160