

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	13
4 Anforderungen an das Gesamtsystem	19
4.1 Bestimmungsgemäße Funktion	19
4.2 Personen- und Sachschäden	19
4.3 EB am ungeerdeten Netz bei Erdschluß	20
4.4 Anforderungen an die Erdung (Masseanschluß, Erdung und Schirmung)	20
4.5 Verbindungsleitungen	20
4.6 Sicherungen in Neutral- und Schutzleitern	20
5 Sicherheitsanforderungen	21
5.1 Allgemeine Anforderungen	21
5.2 Anforderungen an EB zum Schutz gegen gefährliche Körperströme	21
5.2.1 Anforderungen für den Schutz gegen gefährliche Körperströme	21
5.2.2 Schutz gegen direktes Berühren	21
5.2.3 Schutz durch Isolierung aktiver Teile	23
5.2.4 Schutz durch Gehäuse und Abdeckungen	25
5.2.4.1 Abstände	25
5.2.5 Entladung von Kondensatoren	25
5.2.6 Einbaugeräte	25
5.2.7 EB für abgeschlossene elektrische Betriebsstätten	25
5.2.8 Schutz bei direktem Berühren	25
5.2.8.1 Schutz durch Kleinspannung mit Sicherer Trennung (SELV- und PELV-System)	26
5.2.8.2 Schutz durch Begrenzung der Entladungsenergie	26
5.2.8.3 Schutz durch Schutzimpedanz	26
5.2.8.4 Schutz durch Anwendung von Spannungsbegrenzung in Steuerstromkreisen	26
5.2.8.5 Steckverbindungen	27
5.2.9 Schutz bei indirektem Berühren	27
5.2.9.1 Isolierung zwischen aktiven Teilen und Körper	27
5.2.9.2 Schutzverbindung	27
5.2.9.3 Bemessung der Schutzverbindung	27
5.2.9.4 Korrosionsschutz	28
5.2.9.5 Schutzverbindungsleiter mit kleinem Querschnitt	28
5.2.9.6 EB mit einer Spannung über AC 1400 V oder DC 2000 V	28
5.2.9.7 Unterbrechung	28
5.2.9.8 Kennzeichnung	28
5.2.10 Anschlußstelle für den Schutzleiter	28
5.2.11 Ableitstrom und Fehlerstrom	28
5.2.11.1 Hoher Ableitstrom	28
5.2.11.2 Verträglichkeit mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen bei niedrigem Ableitstrom	29
5.2.12 Besonderheiten bei EB der Schutzklasse II	30
5.2.13 Maßgebende Spannung	30
5.2.14 Feste Isolierung, Isolierung von Stromkreisen	33
5.2.14.1 Stromkreise gegen Körper oder berührbare Oberflächen eines EB	33
5.2.14.2 Stromkreis gegen Stromkreis	34
5.2.14.3 Überbrückung der Isolierung durch leitfähige Teile	34
5.2.15 Luft- und Kriechstrecken, Verschmutzungsgrad	34
5.2.15.1 Luft- und Kriechstrecken	34

	Seite	
5.2.15.2	Verschmutzungsgrad	41
5.2.16	Luftstrecken	41
5.2.16.1	Luftstrecken von Netzstromkreisen gegen ihre Umgebung	42
5.2.16.2	Luftstrecken von Nicht-Netzstromkreisen gegen ihre Umgebung	43
5.2.16.3	Luftstrecken innerhalb eines Stromkreises	44
5.2.17	Kriechstrecken	44
5.2.18	Sichere Trennung	47
5.2.18.1	Konstruktive Maßnahmen	48
5.2.18.2	Sichere Trennung durch Doppelte oder Verstärkte Isolierung	48
5.2.18.3	Sichere Trennung durch Schutzschirm	49
5.2.18.4	Luft- und Kriechstrecken bei Sicherer Trennung	49
5.2.18.5	Teilentladung	50
5.2.18.6	Bauelemente und andere elektrische Bauteile	50
5.3	Anforderungen an EB in Anlagen zum Schutz gegen gefährliche Körperströme	50
5.3.1	Schutz in bezug auf direktes Berühren	50
5.3.1.1	Kabel und Leitungen	50
5.3.1.2	Verbindung von EB mit Sicherer Trennung	50
5.3.1.3	Einbaugeräte in Anlagen	51
5.3.1.4	EB in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten	51
5.3.2	Schutz bei indirektem Berühren	51
5.3.2.1	Ableitstrom über den Schutzleiter	51
5.3.2.2	Zulässige Berührungsspannung	51
5.3.2.3	Schutz von EB durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	51
6	Umgebungsanforderungen und -bedingungen	52
6.1	Klimatische Bedingungen	52
6.1.1	Temperaturen	52
6.1.1.1	Betriebsumgebungstemperatur	52
6.1.1.2	Kühlmitteltemperatur	52
6.1.2	Feuchte und Luftdruck	53
6.1.3	Verschmutzung	54
6.2	Mechanische Anforderungen (Allgemeines)	54
6.2.1	Mechanischer Stoß	54
6.2.2	Mechanische Schwingung	54
6.2.2.1	Anforderungen an die mechanische Schwingungsfestigkeit	54
6.2.2.2	Beschränkungen für die Ausbreitung mechanischer Schwingungen	54
6.2.3	Dichtheit bei Flüssigkeitskühlung	54
6.2.4	Dichtheit gegen Eindringen von Staub in EB	55
6.3	Elektrische und elektromagnetische Anforderungen	55
6.3.1	Bedingungen im System (Störfestigkeitspegel für EB)	55
6.3.2	EB an Wechselspannungsnetzen (Störfestigkeit)	55
6.3.2.1	Spannungsschwankungen	55
6.3.2.2	Frequenz	55
6.3.3	EB an Gleichspannungsnetzen (Störfestigkeit)	56
6.3.4	Kurzschlußfestigkeit (Störfestigkeit)	56
6.3.5	Elektromagnetische Störfestigkeit	56
6.3.6	Auswirkungen von EB auf das System (Störaussendung)	56
6.3.7	Bemessungsdaten von Betriebsmitteln der Leistungselektronik	56
7	Anforderungen an elektronische Betriebsmittel	57
7.1	Bemessung und Aufbau	57
7.1.1	Allgemeines	57
7.1.2	Qualität und Zuverlässigkeit	57
7.1.3	Betriebsbrauchbarkeitsdauer	57
7.1.4	Isolierung	57

	Seite	
7.1.5	Auswahl und Einsatz der Bauelemente	57
7.1.5.1	Auswahlkriterien für die Bauelemente	57
7.1.5.2	Gefährdungen durch Bauelemente	58
7.1.6	Schalten, Absichern und Einsatz von Stromversorgungen	58
7.1.6.1	Brandschutz und Feuergefahr	58
7.1.6.2	Fehlerhafter Betrieb	58
7.1.7	Aufbau	58
7.1.7.1	Zusammenbau des EB (Allgemeines)	58
7.1.7.2	Kühlung	58
7.1.7.3	Mechanischer Schutz von Geräten und Baugruppen	58
7.1.7.4	Auslegung von Bauelementen und Betriebsmitteln	59
7.1.7.5	Temperatur berührbarer Teile	59
7.1.7.6	Befestigung (mechanische Sicherung von Bauelementen und Baugruppen)	59
7.1.8	Elektrische Verbindungen	59
7.1.9	Mehrfachsteckverbinder und Steckvorrichtungen	59
7.1.10	Elektrische Leitungen	59
7.1.10.1	Verbindungsleitungen	59
7.1.10.2	Übliche Verdrahtung innerhalb EB	60
7.1.11	Bezugsleiter, Funktionserdung	60
7.2	Aufschriften, Kennzeichnung und Unterlagen	60
7.2.1	Aufschriften	60
7.2.2	Kennzeichnung von Betriebsmitteln, Baugruppen, Einbauorten und Anschlüssen	60
7.2.3	Dokumentation	61
7.2.3.1	Allgemeines	61
7.2.3.2	Betriebsunterlagen	61
7.2.3.3	Anweisungen für Transport, Wartung, Fehlersuche und Reparatur	61
7.2.3.4	Prüfprotokolle	61
7.2.4	Zeichnungen und Pläne	61
8	Anforderungen an den Einbau von EB in Starkstromanlagen	62
8.1	Allgemeines	62
8.2	Installationstoleranzen nach dem Einbau	62
8.3	Versorgungsnetz	62
8.3.1	Isolationsüberwachung	62
8.3.2	Funktionserdung	62
8.3.3	Bemessung und Schutz von Leitern zum und im EB	62
8.3.3.1	Leitungen auf der Netzseite des EB	62
8.3.3.2	Leitungen zwischen einzeln aufgestellten Teilen eines EB	63
8.3.3.3	Leitungen auf der Lastseite des EB	63
8.3.3.4	Schutzleiter	63
9	Prüfungen	63
9.1	Allgemeines	63
9.1.1	Prüfungen und Prüfverfahren	64
9.1.1.1	Typprüfung	64
9.1.1.2	Stückprüfung	64
9.1.1.3	Stichprobenprüfung	64
9.1.1.4	Anlagenprüfung	64
9.1.2	Allgemeine Prüfbedingungen	64
9.1.3	Nachweisverfahren	65
9.2	Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm	65
9.3	Übersicht über die Prüfungen	65
9.4	Durchführung der Prüfungen	67
9.4.1	Sichtprüfungen	67
9.4.2	Klimatische Umweltprüfungen	68

	Seite	
9.4.2.1	Trockene Wärme	68
9.4.2.2	Feuchte Wärme	68
9.4.3	Mechanische Prüfungen	69
9.4.3.1	Umkippr-Prüfung	69
9.4.3.2	Schwingprüfung	70
9.4.3.3	Dichtheitsprüfung von flüssigkeitsgekühlten EB	70
9.4.4	Sicherheitsrelevante mechanische Prüfungen	70
9.4.4.1	Luft- und Kriechstrecken	70
9.4.4.2	Prüfung der Nichtberührbarkeit	70
9.4.4.3	Gehäuseprüfung	71
9.4.4.4	Eignungsprüfung der Lackierung oder Schutzschicht	71
9.4.5	Sicherheitsrelevante elektrische (Spannungsfestigkeits-)Prüfungen	71
9.4.5.1	Stoßspannungsprüfung	71
9.4.5.2	Isolationsprüfung mit Wechsel- oder Gleichspannung	73
9.4.5.2.1	Zusammenhang zwischen Prüfwechsel- oder Prüfgleichspannung und Bemessungsisolationsspannung	73
9.4.5.2.2	Höhe und Art der Prüfspannung für die Isolierung	74
9.4.5.2.3	Durchführung der Spannungsprüfung für die Isolierung	75
9.4.5.2.4	Dauer und Nachweis der Wechsel- oder Gleichspannungsprüfung	76
9.4.5.3	Teilentladungsprüfung	76
9.4.5.4	Prüfung des Isolationswiderstandes in Starkstromanlagen	77
9.4.5.5	Schutzimpedanz, Schutzschirmung	77
9.4.6	Prüfungen in der elektrischen Umgebung	77
9.4.6.1	Aussendung elektromagnetischer Störungen	77
9.4.6.2	Elektromagnetische Störfestigkeit	77
9.4.6.3	Kurzschlußfestigkeit	78
9.4.7	Funktionsprüfung	78
Bilder		21
Bild 1	Anordnung von Sicherungen in Baugruppen und Anlagen	21
Bild 2	Übersicht über die Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme	22
Bild 3	Beispiele für den Schutz gegen direktes Berühren	24
Bild 4	Ablaufplan zu den Anforderungen beim Einsatz von EB hinter Fehlerstrom-Schutzeinrichtung	29
Bild 5	Typische Kurvenform für Fall a) Wechselspannung	31
Bild 6	Typische Kurvenform für Fall b) Gleichspannung	32
Bild 7	Typische Kurvenform für Fall c) Mischspannung	32
Bild 8	Festlegung der Isolierung innerhalb eines Stromkreises	35
Bild 9	Festlegung der Isolierung zwischen aktiven Teilen und berührbaren Oberflächen	36
Bild 10	Festlegung der Isolierung von Stromkreisen gegen ihre Umgebung und der Isolierung zwischen Stromkreisen	37
Bild 11	Bemessung der Funktionsisolierung	38
Bild 12	Bemessung der Basisisolierung	39
Bild 13	Bemessung der Doppelten oder Verstärkten Isolierung	40
Bild 14	Sichere Trennung	47
Bild 15	Luft- und Kriechstrecken zur Sicheren Trennung	49
Bild 16	Durchführung der Spannungsprüfung	75
Tabellen		33
Tabelle 1	Übersicht über die Grenzen der maßgebenden Spannung U_M	33
Tabelle 2	Definition der Verschmutzungsgrade	41
Tabelle 3	Luftstrecken von Netzstromkreisen gegen ihre Umgebung	43
Tabelle 4	Luftstrecken von Nicht-Netzstromkreisen gegen ihre Umgebung	44
Tabelle 5	Luftstrecken innerhalb eines Stromkreises	45
Tabelle 6	Mindestkriechstrecken	46

	Seite
Tabelle 7	Klimatische Bedingungen 53
Tabelle 8	Erwärmung berührbarer Teile 59
Tabelle 9	Allgemeine Prüfbedingungen 65
Tabelle 10	Übersicht über die Prüfungen 66
Tabelle 11	Prüfung in trockener Wärme 68
Tabelle 12	Prüfung in feuchter Wärme 69
Tabelle 13	Umkippr-Prüfung 69
Tabelle 14	Schwingprüfung 70
Tabelle 15	Prüfung der Nichtberührbarkeit 71
Tabelle 16	Stoßspannungsprüfung 72
Tabelle 17	Prüf-Stoßspannung 73
Tabelle 18	Prüfwechsel- oder Prüfgleichspannung für die Isolierung 74
Tabelle 19	Teilentladungsprüfung 76
Tabelle 20	Mindestwert des Isolationswiderstandes 77
Tabelle 21	Kurzschlußfestigkeit 78
Anhang A	(informativ) Zusätzliche Informationen 80
A.2	Literaturhinweise 80
A.4	Anforderungen an das Gesamtsystem 81
A.4.4	Anforderungen an die Erdung (Masseanschluß, Erdung und Schirmung) 81
A.4.4.1	Funktionsmasseanschluß/-erdung 81
A.4.4.1.1	Kabelschirme 81
A.4.4.1.2	Bewehrungen, Leitungsrohre und Kabelpitschen 82
A.4.4.1.3	Bezugsleiter 82
A.4.4.1.4	Transformatorschirme 82
A.4.4.1.5	Filterableiter 82
A.4.4.1.6	Hochfrequenz-(HF-)Schirme 82
A.4.7	Geräusche 82
A.5	Sicherheitsanforderungen 82
A.5.2.4	Schutz durch Gehäuse und Abdeckungen 82
A.5.2.4.2	Mechanische Fehler 83
A.5.2.4.3	Mechanische Festigkeit 83
A.5.2.4.4	Schrauben 83
A.5.2.4.5	Öffnen des Gehäuses 83
A.5.2.8	Schutz bei direktem Berühren 83
A.5.2.8.2	Schutz durch Begrenzung der Entladungsenergie 85
A.5.2.8.3	Schutz durch Schutzimpedanz 85
A.5.2.9.2	Ausführung der Schutzverbindung 85
A.5.2.9.3	Bemessung der Schutzverbindung 86
A.5.2.9.4	Korrosionsschutz 86
A.5.2.11.2	Verträglichkeit mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen 86
A.5.2.13	Maßgebende Spannung 86
A.5.2.14.1	Stromkreise gegen Körper oder berührbare Oberflächen von EB 86
A.5.2.16	Luftstrecken 91
A.5.2.18	Sichere Trennung 92
A.5.2.18.1	Konstruktive Maßnahmen 92
A.5.2.18.7	Wickelgüter 93
A.5.2.18.8	Schaltgeräte und elektromechanische Bauteile 94
A.5.2.18.9	Halbleiter-Bauelemente und Halbleiter-Anordnungen 94
A.5.2.18.10	Steckvorrichtungen, Steckverbinder und Reihenklemmen 94
A.5.3	Anforderungen an EB in Anlagen zum Schutz gegen gefährliche Körperströme 94
A.5.3.2.4	Potentialausgleich zwischen Bezugsleiter und Schutzleiter 94

	Seite
A.6 Umgebungsanforderungen und -bedingungen	95
A.6.1.2 Feuchte und Luftdruck	95
A.6.1.3 Verschmutzung (atmosphärisch)	95
A.6.1.4 Sonderbeanspruchungen	96
A.6.2.2.1 Anforderungen an die mechanische Schwingungsfestigkeit	96
A.6.3 Elektrische und elektromagnetische Anforderungen	96
A.6.3.2 EB an Wechselspannungsnetzen (Störfestigkeit)	96
A.6.3.2.3 Spannungseinbrüche und kurzzeitige Spannungsunterbrechungen	96
A.6.3.2.4 Oberschwingungen und Zwischenharmonische in der Spannung	97
A.6.3.2.5 Periodische Kurzzeiteinbrüche der Spannung	97
A.6.3.2.6 Spannungsunsymmetrie	97
A.6.3.3 EB an Gleichspannungsnetzen (Störfestigkeit)	97
A.6.3.5 Elektromagnetische Störfestigkeit	98
A.6.3.5.1 Arten der Beeinflussung	98
A.6.3.5.2 Galvanische Trennung von Prozeß-Eingangs/Ausgangs- und Fernmeldeanschlüssen	98
A.6.3.6 Wirkungen von EB auf das System (Störaussendung)	98
A.7 Anforderungen für elektronische Betriebsmittel	99
A.7.1.2 Qualität und Zuverlässigkeit	99
A.7.1.5 Auswahl und Einsatz der Bauelemente	99
A.7.1.5.3 Bemessung	99
A.7.1.5.4 Toleranzen der Bauelemente	99
A.7.1.5.5 Lagerung	99
A.7.1.5.6 Ausfälle	99
A.7.1.5.7 Halbleiterbauelemente einschließlich integrierter Schaltkreise	99
A.7.1.5.8 Anzeigergeräte	100
A.7.1.5.9 Lagerung/Transport	100
A.7.1.6 Schalten, Absichern und Einsatz von Stromversorgungen	100
A.7.1.6.1 Brandschutz und Feuergefahr	100
A.7.1.6.3 Stromversorgungsgeräte	100
A.7.1.6.4 Einsatz von Stromversorgungsgeräten	101
A.7.1.6.5 Batterien	101
A.7.1.7 Aufbau	101
A.7.1.7.2 Kühlung	101
A.7.1.7.7 Einbau der Bauelemente (Vermeiden mechanischer Überbeanspruchung)	101
A.7.1.8 Elektrische Verbindungen	101
A.7.1.8.1 Lötverbindungen	101
A.7.1.8.2 Löten von Bauelementen	101
A.7.1.8.3 Lötfreie Wickelverbindungen	101
A.7.1.8.4 Schraubverbindungen	101
A.7.1.8.5 Stromführende Teile und ihre Verbindungen	102
A.7.1.8.6 Quetschverbindungen	102
A.7.1.8.7 Schneid-Klemm-Verbindungen	102
A.7.1.8.8 Reihenklemmen	102
A.7.1.9 Mehrfachsteckverbinder und Steckvorrichtungen	102
A.7.1.9.1 Verbindung von Leiterplatten	103
A.7.1.10 Elektrische Leitungen	103
A.7.1.10.2 Übliche Verdrahtung innerhalb EB	103
A.7.1.10.3 Werkstoffe und Oberflächenbehandlungen	103
A.7.1.12 Speicherprogrammierbare Betriebsmittel	103
A.7.1.12.1 Software und Firmware	103
A.7.1.12.2 Unterstützung von Software/Firmware	104
A.7.2 Aufschriften, Kennzeichnung und Unterlagen	104
A.7.2.2 Kennzeichnung von Bauteilen	104

	Seite	
A.7.2.3.5	Unterlagen für Software, Firmware und speicherprogrammierbare Logik	105
A.7.2.4	Zeichnungen und Pläne	105
A.7.2.4.1	Zeichnungen	105
A.7.2.4.2	Pläne	105
A.7.3	Einstellung, Eichung und Wartung	105
A.7.3.1	Zweck	105
A.7.3.2	Sollwertsteller und einstellbare Bauteile	105
A.7.3.3	Ausbau und Ersatz von Baugruppen	106
A.7.3.4	Prüfpunkte und andere Wartungshilfen	106
A.7.3.5	Sonderwerkzeuge	106
A.7.3.6	Energiequellen für Prüfgeräte	106
A.7.3.7	Lose Teile	106
A.8	Anforderungen für den Einbau von EB in Starkstromanlagen	106
A.8.3.3.1	Leitungen auf der Netzseite des EB	106
A.9	Prüfungen	106
A.9.1.1.1	Typprüfung	106
A.9.1.1.5	Integrationsprüfungen	107
A.9.4	Zusätzliche Prüfungen	107
A.9.4.2.3	Kälteprüfung	107
A.9.4.2.4	Salzkorrosionsprüfung	107
A.9.4.2.5	Feuchteprüfung, zyklisch	107
A.9.4.2.6	Schimmelpilzwachstumsprüfung	107
A.9.4.2.7	Industrieatmosphärenprüfung	108
A.9.4.3.4	Fallprüfung	108
A.9.4.3.5	Erdbebensicherheitsprüfung	108
A.9.4.5.3	Teilentladungsprüfung	108
A.9.4.6.4	Prüfung mit Hochfrequenzstörungen	108
A.9.4.6.5	Prüfung der Isolierung von Prozeß-Eingangs/Ausgangs- und Fernmeldeanschlüssen mit galvanischer Trennung	108
A.9.4.8	Dauerprüfung	110
Bilder des Anhangs A	84	
Bild A.1	Beispiele für den Schutz bei direktem Berühren	84
Bild A.2	Verlauf des Fehlerstromes bei Schaltungen mit Halbleiter-Bauelementen	87
Bild A.3	Projektierungsbeispiel für Fehlerstrom-Schutzeinrichtung Typ B.	88
Bild A.4	Beispiel aufgeteilter Isolierungen gegen berührbare Oberflächen des EB	89
Bild A.5	Beispiele für die Isolierung von Betätigungselementen (z. B. kleine Kippschalter oder Taster), abhängig von Spannung und Isolierung des eigenen und des benachbarten Stromkreises	90
Bild A.6	Beispiele für die Bemessung von Luftstrecken	91
Bild A.7	Zusammenhang zwischen Luftfeuchte und Lufttemperatur	95
Bild A.8	Periodische Kurzzeiteinbrüche der Netzwechselfspannung bei Stromrichterbetrieb	97
Bild A.9	Bandkabelverbindung	102
Bild A.10	Prüfanordnung für EB mit fest angeschlossener Erdverbindung	109
Bild A.11	Prüfanordnung für EB mit Erdung über Anschlußleitung	109
Bild A.12	Anlegen der Prüfspannung an einen Einzelanschluß und an eine Gruppe von Anschlüssen	110
Tabellen des Anhangs A	85	
Tabelle A.1	Werte für die berührbare Kapazität und Ladespannung (Schmerzschwelle)	85
Tabelle A.2	Höchste Konzentration korrodierend wirkender Gase	96
Anhang B (informativ) Tabellen und Bilder	112	
(In Bearbeitung)	112	