

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	2
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	10
4 Prüfplatz	10
4.1 Umgebung des Prüfplatzes	10
4.2 Prüftransformator	10
4.3 Geerdeter Neutralleiter	11
5 Messeinrichtung	12
5.1 Wahl des Messstromkreises	12
5.1.1 Allgemeines	12
5.1.2 Spürbarkeit und Schreckreaktion	13
5.1.3 Unfähigkeit loszulassen	13
5.1.4 Elektrische Verbrennung (Wechselstrom)	13
5.1.5 Wechselstromfreier Gleichstrom	14
5.2 Prüfelektroden	14
5.2.1 Ausführung	14
5.2.2 Anschluss	14
5.3 Konfiguration	14
5.4 Anschlüsse an das Stromversorgungsnetz während der Prüfung	14
5.4.1 Allgemeines	14
5.4.2 Betriebsmittel zur Verwendung nur an TN- oder TT-Systemen in Sternanordnung	18
5.4.3 Betriebsmittel zur Verwendung an IT-Systemen, einschließlich ungeerdeter Dreieckssysteme	18
5.4.4 Betriebsmittel zur Verwendung an Einphasen-Stromversorgungssystemen mit geerdetem Mittelpunkt oder an Stromversorgungssystemen in Dreiecksanordnung mit geerdetem Mittelpunkt	19
5.5 Versorgungsspannung und -frequenz	19
5.5.1 Versorgungsspannung	19
5.5.2 Versorgungsfrequenz	19
6 Prüfverfahren	19
6.1 Allgemeines	19
6.1.1 Messungen des Berührungsstroms	19
6.1.2 Einstellschalter, Betriebsmittel und Versorgungsbedingungen	20
6.1.3 Anwendung von Messstromkreisen	20
6.2 Bestimmungsgemäßer Betrieb und Fehlzustände eines Betriebsmittels	20
6.2.1 Bestimmungsgemäßer Betrieb eines Betriebsmittels	20

	Seite
6.2.2 Betriebsmittel und Fehlzustände bei der Stromversorgung	21
7 Auswertung der Ergebnisse	22
7.1 Spürbarkeit, Schreckreaktion und Unfähigkeit loszulassen	22
7.2 Elektrische Verbrennung	22
8 Messung des Schutzleiterstroms	23
8.1 Allgemeines	23
8.2 Mehrere Betriebsmittel	23
8.3 Messverfahren	23
Anhang A (normativ) Betriebsmittel	24
Anhang B (normativ) Anwendung einer leitfähigen Platte	25
Anhang C (normativ) Zufällig verbundene Teile	26
Anhang D (informativ) Wahl der Stromgrenzwerte	27
D.1 Allgemeines	27
D.2 Beispiele von Grenzwerten	27
D.2.1 Herzkammerflimmern	27
D.2.2 Unfähigkeit loszulassen	27
D.2.3 Schreckreaktion	27
D.2.4 Spürbarkeit	27
D.2.5 Besondere Anwendungen	27
D.3 Wahl der Grenzwerte	28
D.4 Auswirkungen elektrischer Verbrennung durch Berührungsstrom	29
Anhang E (informativ) Messstromkreise zur Anwendung bei der Messung des Berührungsstroms	30
E.1 Allgemeines	30
E.2 Messstromkreis für Körperimpedanz – Bild 3	30
E.3 Messstromkreis für Schreckreaktion (und Körperimpedanz) – Bild 4	30
E.4 Messstromkreis für Unfähigkeit loszulassen (und Körperimpedanz) – Bild 5	31
Anhang F (informativ) Grenzbereiche und Aufbau des Messstromkreises	32
Anhang G (informativ) Aufbau und Anwendung von Berührungsstrom-Messgeräten	34
G.1 Überlegungen bei der Auswahl von Bauelementen	34
G.1.1 Allgemeines	34
G.1.2 Leistungsbemessung und Induktivität von R_S und R_B	34
G.1.3 Kondensator C_S	35
G.1.4 Widerstände R_1 , R_2 und R_3	35
G.1.5 Kondensatoren C_1 , C_2 und C_3	35
G.2 Spannungsmessgerät	35
G.3 Genauigkeit	35
G.4 Kalibrierung und Anwendung von Messgeräten	36
G.5 Messprotokolle	37

	Seite
G.6 Bestätigungssystem	37
Anhang H (informativ) Analyse von frequenzgefilterten Messungen des Berührungsstromkreises	38
Anhang I (informativ) Systeme der Wechselstromversorgung (siehe 5.4).....	46
I.1 Allgemeines.....	46
I.2 TN-Systeme	47
I.3 TT-Systeme.....	49
I.4 IT-Systeme.....	50
Anhang J (informativ) Stückprüfungen und regelmäßige Prüfungen des Berührungsstroms sowie Prüfungen nach Instandsetzungen oder Änderungen von netzgespeisten Betriebsmitteln	52
Anhang K (normativ) Leistungsmerkmale und Kalibrierung.....	53
K.1 Leistungsvermögen der Messgeräte und Erstkalibrierung	53
K.2 Kalibrierung in einem Bestätigungssystem	55
K.2.1 Allgemeines.....	55
K.2.2 Messung des Eingangswiderstands.....	55
K.2.3 Messung des Leistungsvermögens des Messgeräts.....	55
Literaturhinweise	58
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	60
Bilder	
Bild 1 – Beispiel eines geerdeten Neutralleiters, direkte Stromversorgung	11
Bild 2 – Beispiel eines geerdeten Neutralleiters mit Transformator zum Trennen.....	12
Bild 3 – Messstromkreis, unbewerteter Berührungsstrom	12
Bild 4 – Messstromkreis, Berührungsstrom bewertet für Spürbarkeit oder Schreckreaktion.....	13
Bild 5 – Messstromkreis, Berührungsstrom bewertet für Loslassen	13
Bild 6 – Einphasen-Betriebsmittel an einem TN- oder TT-System in Sternanordnung.....	15
Bild 7 – Einphasen-Betriebsmittel an einem TN- oder TT-System mit geerdetem Mittelpunkt.....	15
Bild 8 – Einphasen-Betriebsmittel, angeschlossen an Außenleiter-zu-Außenleiter eines TN- oder TT-Systems in Sternanordnung	15
Bild 9 – Einphasen-Betriebsmittel, angeschlossen an Außenleiter-zu-Neutralleiter eines IT-Systems in Sternanordnung.....	16
Bild 10 – Einphasen-Betriebsmittel, angeschlossen an Außenleiter-zu-Außenleiter eines IT-Systems in Sternanordnung.....	16
Bild 11 – Drehstrom-Betriebsmittel an einem TN- oder TT-System in Sternanordnung.....	17
Bild 12 – Drehstrom-Betriebsmittel an einem IT-System in Sternanordnung	17
Bild 13 – Ungeerdetes Stromversorgungssystem in Dreiecksanordnung.....	18
Bild 14 – Ungeerdetes Drehstrom-Betriebsmittel an einem Stromversorgungssystem in Dreiecksanordnung mit geerdetem Mittelpunkt	18
Bild A.1 – Betriebsmittel	24
Bild B.1 – Stellfläche des Betriebsmittels	25
Bild F.1 – Frequenzfaktor für elektrische Verbrennung.....	32
Bild F.2 – Frequenzfaktor für Spürbarkeit oder Schreckreaktion	32

	Seite
Bild F.3 – Frequenzfaktor für Unfähigkeit loszulassen	33
Bild H.1 – Sägezahn-Kurvenform-Berührungsstrom, Schreckreaktion	39
Bild H.2 – Sägezahn-Kurvenform-Berührungsstrom, Unfähigkeit loszulassen	39
Bild H.3 – 1-ms-Anstiegszeit der Impulsantwort, Schreckreaktion	40
Bild H.4 – 1 ms Anstiegszeit der Impulsantwort, Unfähigkeit loszulassen	40
Bild H.5 – Diagramm des Berührungsstroms über die Anstiegszeit, 20-ms-Rechteck-Kurvenform	41
Bild H.6 – PFC SMPS(Schaltnetzteil)-Kurvenform des Berührungsstroms.....	41
Bild H.7 – 50 Hz Rechteck-Kurvenform, 0,1 ms Anstiegszeit, Schreckreaktion	42
Bild H.8 – 50 Hz Rechteck-Kurvenform, 0,1 ms Anstiegszeit, Unfähigkeit loszulassen	42
Bild H.9 – IEC TS 60479-2-Loslass-Grenzwert für Wechsel- und Gleichstromkombinationen (+ zusätzlichen Daten), mA beide Achsen.....	43
Bild H.10 – Beispielfall 1: Zeigt das Fenster für den Effektivwert.....	44
Bild H.11 – Kurvenform für den ex2-Fall: Zeigt das Fenster für den Effektivwert	44
Bild I.1 – Beispiele eines TN-S-Systems	47
Bild I.2 – Beispiel eines TN-C-S-Systems	48
Bild I.3 – Beispiel eines TN-C-Systems	48
Bild I.4 – Beispiel eines TN-C-Systems mit Einphasen-Dreileiteranschluss	49
Bild I.5 – Beispiel eines TT-Systems mit drei Außenleitern und Neutralleiter	49
Bild I.6 – Beispiel eines TT-Systems mit drei Außenleitern.....	50
Bild I.7 – Beispiel eines Dreileiter-IT-Systems (mit Neutralleiter).....	50
Bild I.8 – Beispiel eines Dreileiter-IT-Systems.....	51
Tabellen	
Tabelle H.1 – Sägezahn-Kurvenform, vergleichende Antwort	39
Tabelle H.2 – Rechteck-Kurvenform Berührungsstrom, Antwort	40
Tabelle H.3 – Einphasiger Berührungsstrom mit Rechteck-Kurvenform, Antwort	42
Tabelle H.4 – Auswertung der gemischten Wechsel-/Gleichstrom-Kurvenform, Beispiel 1.....	44
Tabelle H.5 – Auswertung der gemischten Wechsel-/Gleichstrom-Kurvenform, Beispiel 2.....	45
Tabelle K.1 – Berechnete Eingangsimpedanz und Übertragungsimpedanz für Messstromkreis für unbewerteten Berührungsstrom (Bild 3).....	53
Tabelle K.2 – Berechnete Eingangsimpedanz und Übertragungsimpedanz für Messstromkreis für Berührungsstrom für Schreckreaktion (Bild 4)	54
Tabelle K.3 – Berechnete Eingangsimpedanz und Übertragungsimpedanz für Messstromkreis für Unfähigkeit loszulassen (Bild 5)	54
Tabelle K.4 – Verhältnisse Ausgangs- zu Eingangsspannung für Messstromkreis für unbewerteten Berührungsstrom (Bild 3).....	56
Tabelle K.5 – Verhältnisse Ausgangs- zu Eingangsspannung für Messstromkreis für Schreckreaktion (Bild 4)	56
Tabelle K.6 – Verhältnisse Ausgangs- zu Eingangsspannung für Messstromkreis für Unfähigkeit loszulassen (Bild 5)	57