

## Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung .....	13
1 Anwendungsbereich .....	14
2 Normative Verweisungen .....	15
3 Begriffe .....	16
4 Klassifizierung .....	18
4.1 Nach der Bauart .....	18
4.2 Nach der Art der Befestigung und des Anschlusses .....	18
4.3 Nach der Anzahl der Pole und Strompfade.....	19
4.4 AFDDs, die Überwachungsinformationen bereitstellen.....	19
5 Charakteristische Eigenschaften der AFDDs .....	19
5.1 Zusammenfassung der charakteristischen Eigenschaften und Bedingungen zur Senkung des Brandrisikos .....	19
5.2 Bemessungsgrößen und andere charakteristische Eigenschaften .....	19
5.2.1 Bemessungsspannung .....	19
5.2.2 Bemessungsstrom ( $I_n$ ) .....	20
5.2.3 Bemessungsfrequenz.....	20
5.2.4 Bemessungsschaltvermögen ( $I_m$ ) .....	20
5.2.5 Bemessungsschaltvermögen an einem Pol ( $I_{m1}$ ) .....	20
5.3 Normwerte und Vorzugswerte .....	20
5.3.1 Vorzugswerte der Bemessungsspannung ( $U_n$ ).....	20
5.3.2 Vorzugswerte des Bemessungsstroms ( $I_n$ ).....	20
5.3.3 Vorzugswerte der Bemessungsfrequenz .....	20
5.3.4 Kleinstwert des Bemessungsschaltvermögens ( $I_m$ ).....	21
5.3.5 Kleinstwert des Bemessungsschaltvermögens an einem Pol ( $I_{m1}$ ).....	21
5.3.6 Normwerte und Vorzugswerte des bedingten Bemessungskurzschlussstroms ( $I_{nc}$ ) und Norm- werte und Vorzugswerte des bedingten Bemessungskurzschlussstroms für einen Pol ( $I_{nc1}$ ) .....	21
5.3.7 Grenzwerte der Betriebskriterien von AFDDs für niedrige und hohe Lichtbogenströme .....	22
5.4 Normwert der Bemessungsstoßspannungsfestigkeit ( $U_{imp}$ ).....	22
5.5 Zusammenwirken mit Kurzschlusschutzeinrichtungen (SCPD) .....	23
5.5.1 Allgemeines .....	23
5.5.2 Bedingter Bemessungskurzschlussstrom ( $I_{nc}$ ) und bedingter Bemessungskurzschlussstrom an einem Pol ( $I_{nc1}$ ) .....	23
5.5.3 Betriebswerte der Ausschaltvorrichtungen von AFDDs nach 4.1.1 .....	23
6 Aufschriften und andere Produktinformationen .....	24
6.1 Aufschriften.....	24
6.2 Zusätzliche Aufschriften für AFDDs nach 4.1.1 .....	25

	Seite
6.2.1	Aufschriften auf AFDDs..... 25
6.2.2	Anweisungen für Verdrahtung und Betrieb ..... 26
7	Normbedingungen für den Betrieb und den Einbau..... 26
7.1	Normbedingungen..... 26
7.2	Einbaubedingungen ..... 27
7.3	Verschmutzungsgrad ..... 27
8	Anforderungen an Aufbau und Betrieb ..... 27
8.1	Allgemeines ..... 27
8.2	Mechanischer Aufbau ..... 28
8.2.1	Allgemeines..... 28
8.2.2	Mechanismus ..... 28
8.2.3	Luft- und Kriechstrecken (siehe Anhang B) ..... 29
8.2.4	Schrauben, stromführende Teile und Verbindungen ..... 32
8.2.5	Klemmen zum Anschluss äußerer Leiter ..... 33
8.3	Schutz gegen elektrischen Schlag ..... 35
8.4	Dielektrische Eigenschaften und Trennvermögen ..... 35
8.5	Erwärmung ..... 36
8.5.1	Erwärmungsgrenzen ..... 36
8.5.2	Umgebungstemperatur ..... 36
8.6	Auslösecharakteristik ..... 36
8.6.1	Auslösecharakteristik des Schutzeinrichtungsteils ..... 36
8.6.2	Auslösecharakteristik ..... 37
8.7	Mechanische und elektrische Lebensdauer..... 37
8.8	Verhalten bei Kurzschlussströmen..... 37
8.9	Widerstand gegen mechanische Erschütterung und Stoß ..... 37
8.10	Widerstand gegen Hitze ..... 37
8.11	Widerstand gegen übermäßige Hitze und Feuer ..... 37
8.12	Verhalten von AFDDs bei Überströmen im Hauptstromkreis ..... 38
8.13	Verhalten von AFDDs bei Stoßströmen, die von Stoßspannungen verursacht werden ..... 38
8.14	Zuverlässigkeit ..... 38
8.15	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ..... 38
8.16	Maskierungsprüfung für das richtige Betriebsverhalten, wenn verschiedene Geräte an der Lastseite angeschlossen sind ..... 38
8.17	Leistungsverhalten einer AFD-Einheit..... 38
9	Prüfungen ..... 39
9.1	Allgemeines ..... 39
9.1.1	Allgemeine Prüfungen für die verschiedenen Bauarten von AFDDs ..... 39
9.1.2	Die charakteristischen Eigenschaften von AFDDs werden durch Typprüfungen nachgewiesen ..... 39

	Seite
9.1.3	Zum Zwecke der Zertifizierung werden die Typprüfungen in Prüfreiheiten durchgeführt..... 40
9.1.4	Stückprüfungen sind vom Hersteller an jedem Gerät durchzuführen ..... 40
9.2	Prüfbedingungen ..... 41
9.3	Prüfung der Unverwischbarkeit der Aufschriften..... 41
9.4	Prüfung der Zuverlässigkeit von Schrauben, stromführenden Teilen und Verbindungen ..... 42
9.5	Prüfung der Zuverlässigkeit von Klemmen zum Anschluss von äußeren Leitern..... 43
9.6	Prüfung des Schutzes gegen elektrischen Schlag..... 44
9.7	Prüfung der dielektrischen Eigenschaften..... 45
9.7.1	Allgemeines ..... 45
9.7.2	Feuchtigkeitsbeständigkeit ..... 45
9.7.3	Isolationswiderstand des Hauptstromkreises ..... 45
9.7.4	Isolationsfestigkeit des Hauptstromkreises ..... 46
9.7.5	Isolationswiderstand und Isolationsfestigkeit von Hilfsstromkreisen..... 47
9.7.6	Fähigkeit der mit dem Hauptstromkreis verbundenen Steuerstromkreise, hohen Gleichspannungen infolge von Isolationsmessungen standzuhalten ..... 48
9.7.7	Nachweis der Stoßspannungsfestigkeit (über Luftstrecken und über feste Isolierung) und von Ableitströmen über geöffneten Kontakten ..... 48
9.8	Erwärmungsprüfung ..... 52
9.8.1	Umgebungstemperatur..... 52
9.8.2	Prüfverfahren..... 52
9.8.3	Messung der Temperatur von Teilen ..... 52
9.8.4	Erwärmung eines Teils..... 52
9.9	Prüfung der Auslösecharakteristik..... 52
9.9.1	Allgemeines ..... 52
9.9.2	Prüfungen mit seriellen Fehlerlichtbögen..... 53
9.9.3	Prüfung mit parallelen Fehlerlichtbögen..... 55
9.9.4	Maskierungsprüfung, Prüfung der ordnungsgemäßen Auslösung..... 57
9.9.5	Prüfung des unerwünschten Auslösens..... 59
9.10	Prüfung der mechanischen und elektrischen Lebensdauer ..... 60
9.10.1	Allgemeine Prüfbedingungen ..... 60
9.10.2	Prüfverfahren..... 60
9.10.3	Zustand der AFDD nach der Prüfung..... 60
9.11	Prüfung des Verhaltens von AFDDs unter Kurzschlussbedingungen..... 61
9.11.1	Allgemeines ..... 61
9.11.2	Kurzschlussprüfungen für AFDDs nach 4.1.1 ..... 61
9.12	Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Erschütterung und gegen Stoß ..... 69
9.12.1	Mechanische Erschütterung..... 69
9.12.2	Mechanischer Stoß ..... 69
9.13	Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegen Hitze ..... 72

	Seite
9.14 Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegen übermäßige Hitze und gegen Feuer.....	72
9.15 Prüfung der Freiauslösung.....	73
9.15.1 Allgemeine Prüfbedingungen.....	73
9.15.2 Prüfverfahren .....	73
9.16 Beständigkeit gegen Rostbildung.....	74
9.17 Prüfung der Grenzwerte des Nichtauslösestroms unter Überstrombedingungen .....	74
9.18 Nachweis des Verhaltens von AFDDs bei Stoßströmen, die durch Stoßspannungen erzeugt werden.....	74
9.18.1 Allgemeines.....	74
9.18.2 Nachweis des Verhaltens bei Stoßströmen bis 3 000 A (8/20-µs-Stoßstromprüfung).....	75
9.19 Prüfung der Zuverlässigkeit .....	75
9.19.1 Allgemeines.....	75
9.19.2 Klimaprüfung.....	75
9.19.3 Prüfung bei einer Temperatur von 40 °C .....	77
9.20 Prüfung der Alterung elektronischer Bauteile .....	77
9.21 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) .....	78
9.21.1 Allgemeines.....	78
9.21.2 EMV-Prüfungen, abgedeckt durch andere Abschnitte der vorliegenden Norm.....	78
9.21.3 Durchzuführende EMV-Prüfungen.....	78
9.21.4 Beurteilungskriterien der AFDDs .....	80
9.22 Schutz bei Überspannung durch unterbrochenen Neutralleiter in einem Drehstromnetz .....	81
Anhang A (normativ) Prüfreiheiten und Anzahl der Prüflinge zur Einreichung für die Prüfbescheinigungen .....	103
Anhang B (normativ) Bestimmung von Luft- und Kriechstrecken .....	109
Anhang C (normativ) Anordnung zur Erfassung des Ausstoßes von ionisierten Gasen während der Kurzschlussprüfungen.....	114
Anhang D (normativ) Zusätzliche Anforderungen und Prüfungen an AFDDs mit der Klassifizierung nach 4.1.3, die vor Ort gemeinsam mit einer Hauptschutzeinrichtung (Leitungsschutzschalter oder RCCB oder RCBO) zusammengebaut werden .....	117
Anhang E (normativ) Stückprüfungen .....	121
Anhang F (informativ) Beschreibung der Schwingtisch-Lichtbogenprüfung in 9.10.2 .....	122
Anhang IA (informativ) Verfahren zur Bestimmung des Leistungsfaktors im Kurzschlussstromkreis .....	124
Anhang IB (informativ) Beispiele von Klemmendausführungen.....	126
Anhang IC (informativ) Übereinstimmung zwischen ISO- und AWG-Kupferleitern .....	129
Anhang ID (informativ) Nachfolgeprüfprogramm für AFDDs.....	130
Anhang IE (informativ) Kurzschlussprüfeinrichtungen (SCPDs) für Kurzschlussprüfungen.....	134
Anhang J (normativ) Besondere Anforderungen an AFDDs mit schraubenlosen Klemmen für externe Kupferleiter.....	136
Anhang K (normativ) Besondere Anforderungen an AFDDs mit Flachsteckvorrichtungen .....	143
Anhang L (normativ) Besondere Anforderungen an AFDDs mit Schraubklemmen für äußere unbehandelte Aluminiumleiter und mit Aluminium-Schraubklemmen zum Gebrauch mit Kupfer- oder Aluminiumleitern .....	150

	Seite
Literaturhinweise.....	160
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen .....	162
Anhang ZZ (informativ) Zusammenhang mit grundlegenden Anforderungen von EU-Richtlinien .....	164
<b>Bilder</b>	
Bild 1 – Gewindeformende Schraube .....	81
Bild 2 – Gewindeschneidende Schraube.....	81
Bild 3 – Normprüffinger (9.6) .....	82
Bild 4 – Prüfschaltung für serielle Fehlerlichtbogenprüfungen .....	83
Bild 5 – Lichtbogengenerator .....	83
Bild 6 – Prüfschaltung für parallele Fehlerlichtbogenprüfungen.....	83
Bild 7 – Prüfschaltung für parallele Lichtbögen bei Kabeldurchtrennung.....	83
Bild 8 – Prüfeinrichtung.....	84
Bild 9 – Prüfung der ordnungsgemäßen Auslösung im Fall eines Fehlerlichtbogens gegen Erde .....	84
Bild 10 – Prüfschaltung für Maskierungsprüfungen (Überlagerte Lasten und Störlasten) .....	84
Bild 11 – Prüfkonfigurationen für die Maskierungsprüfungen.....	85
Bild 12 – Funkstörfilter 1 für Maskierungsprüfungen .....	85
Bild 13 – Funkstörfilter 2 für Maskierungsprüfungen .....	86
Bild 14 – Beschreibung des in Bild 13 eingesetzten Funkstörfilters.....	86
Bild 15 – Prüfschaltung für Maskierungsprüfungen mit Leitungsimpedanz .....	86
Bild 16 – Prüfung des Übersprechens .....	87
Bild 17 – Steuerstrom-Prüfschaltung .....	87
Bild 18 – Steuerstrom mit Verzögerungswinkeln 45°, 90° und 135° .....	87
Bild 19 – Kurzschlussprüfung .....	89
Bild 20 – Typisches Schaltbild für die Kurzschlussprüfungen nach 9.11.2.4 c).....	90
Bild 21 – Einzelheiten der Impedanz $Z$ , $Z_1$ und $Z_2$ .....	90
Bild 22 – Beispiel der Kalibrieraufzeichnung bei der Kurzschlussprüfung (9.11.2.2 j)).....	91
Bild 23 – Gerät zur mechanischen Erschütterungsprüfung (9.12.1) .....	92
Bild 24 – Schlagprüfgerät (9.12.2.2) .....	93
Bild 25 – Schlagelement des Pendelschlaggeräts (9.12.2.2).....	94
Bild 26 – Befestigungsrahmen des Prüflings für mechanische Schlagprüfung (9.12.2.2) .....	95
Bild 27 – Beispiel der Befestigung einer AFDD ohne Gehäuse für die mechanische Schlagprüfung (9.12.2.2) .....	96
Bild 28 – Beispiel der Befestigung einer AFDD für Schaltschrankbau für die mechanische Schlagprüfung (9.12.2.2).....	97
Bild 29 – Anwendung der Zugkraft für die mechanische Prüfung von AFDD zur Schienenmontage (9.12.2.3) .....	98
Bild 30 – Kugeldruck-Prüfgerät (9.13.2) .....	98
Bild 31 – Stoßstromimpuls 8/20 $\mu$ s.....	99
Bild 32 – Prüfschaltung für die Stoßstromprüfung von AFDDs .....	99
Bild 33 – Stabilisierungsdauer für die Zuverlässigkeitsprüfung (9.19.2.3) .....	100

	Seite
Bild 34 – Zyklus für die Zuverlässigkeitsprüfung (9.19.2.3) .....	101
Bild 35 – Beispiel für eine Prüfschaltung zur Prüfung der Alterung elektronischer Bauelemente (9.20) .....	102
Bild 36 – Vorbereitung des Kabelprobestücks (9.9.2.6) .....	102
Bild 37 – Beispiel für die mit dem Kabelprobestück erhaltene Wellenform von Lichtbogenspannung und -strom .....	102
Bild C.1 – Prüfanordnung .....	115
Bild C.2 – Gitter .....	116
Bild C.3 – Gitterstromkreis .....	116
Bild F.1 – Messung des Luftspalts .....	122
Bild F.2 – Schwingtisch-Lichtbogenprüfung mit losen Klemmen .....	122
Bild F.3 – AFDD mit Verbindung zum Schwingtisch für die Lichtbogenprüfung .....	123
Bild IB.1 – Beispiele von Buchsenklemmen .....	126
Bild IB.2 – Beispiele von Flach- und Bolzenklemmen .....	127
Bild IB.3 – Beispiele von Sattelklemmen .....	128
Bild IB.4 – Beispiele von Kabelschuhklemmen .....	128
Bild IE.1 – Prüfeinrichtung für den Nachweis der kleinsten $I^2t$ - und $I_p$ -Werte, denen die AFDD standhalten muss .....	135
Bild J.1 – Anschlussprüflinge .....	141
Bild J.2 – Beispiele von schraubenlosen Klemmen .....	142
Bild K.1 – Beispiel für die Position des Thermoelements zur Messung der Erwärmung .....	146
Bild K.2 – Maße der Flachstecker .....	147
Bild K.3 – Maße der runden Rastprägungen (siehe Bild K.2) .....	148
Bild K.4 – Maße der rechteckigen Rastprägungen (siehe Bild K.2) .....	148
Bild K.5 – Maße der Rastlöcher .....	148
Bild K.6 – Maße der Steckhülsen .....	149
Bild L.1 – Allgemeine Anordnung für die Prüfung .....	158
Bild L.2 – Beispiel für die Anwendung der Klemmen in der AFDD .....	158
Bild L.3 – Beispiel für die Anwendung der Klemmen in der AFDD .....	159
Bild L.4 – Beispiel für die Anwendung der Klemmen in der AFDD .....	159
Bild L.5 – Beispiel für die Anwendung der Klemmen in der AFDD .....	159
Bild L.6 – Beispiel für die Anwendung der Klemmen in der AFDD .....	159
 <b>Tabellen</b>	
Tabelle 1 – Grenzwerte der Ausschaltzeit für AFDDs mit $U_n = 230\text{ V}$ .....	22
Tabelle 3 – Maximal zulässige Anzahl von Halbperioden innerhalb von 0,5 s für AFDDs mit $U_n = 230\text{ V}$ .....	22
Tabelle 4 – Bemessungsstoßspannungsfestigkeit in Abhängigkeit von der Nennspannung der Anlage .....	22
Tabelle 5 – Aufschriften und deren Anbringungsort .....	24
Tabelle 6 – Normbedingungen für den Betrieb .....	26
Tabelle 7 – Kleinstwerte der Luft- und Kriechstrecken .....	30
Tabelle 8 – Anschließbare Querschnitte von Kupferleitern für Schraubklemmen .....	33

	Seite
Tabelle 9 – Erwärmungswerte .....	36
Tabelle 10 – Aufstellung der Typprüfungen.....	40
Tabelle 11 – Querschnitte von Prüfkupferleitern entsprechend den Bemessungsströmen .....	41
Tabelle 12 – Gewindedurchmesser der Schrauben und anzuwendende Drehmomente.....	42
Tabelle 13 – Zugkräfte.....	43
Tabelle 14 – Prüfspannung der Hilfsstromkreise.....	47
Tabelle 15 – Prüfspannung zum Nachweis der Stehstoßspannung .....	49
Tabelle 16 – Prüfspannung für den Nachweis der Trenneigenschaft, bezogen auf die Bemessungs- stehstoßspannung der AFDD und die Höhenlage, bei der die Prüfung durchgeführt wird.....	50
Tabelle 17 – Prüfungen zum Nachweis des Verhaltens von AFDDs unter Kurzschlussbedingungen .....	61
Tabelle 18 – Mindestwerte von $I^2t$ und $I_p$ .....	63
Tabelle 19 – Leistungsfaktoren für Kurzschlussprüfungen .....	64
Tabelle 20 – Bereits in dieser Norm abgedeckte Prüfungen.....	78
Tabelle 21 – Durchzuführende EMV-Prüfungen.....	79
Tabelle A.1 – Prüfreiheiten für AFDD mit Klassifizierung nach 4.1.1.....	103
Tabelle A.2 – Prüfreiheiten für AFDD mit Klassifizierung nach 4.1.2.....	105
Tabelle A.3 – Prüfreiheiten für AFDD mit Klassifizierung nach 4.1.3.....	106
Tabelle A.4 – Anzahl der Prüflinge für das vollständige Prüfverfahren .....	107
Tabelle A.5 – Anzahl der Prüflinge für das vereinfachte Prüfverfahren .....	108
Tabelle ID.1 – Prüfreiheiten bei Nachfolgeprüfungen .....	130
Tabelle ID.2 – Anzahl der Prüflinge .....	132
Tabelle IE.1 – Werte für Silberdrahtdurchmesser als Funktion von Bemessungsströmen und Kurzschlussströmen .....	134
Tabelle J.1 – Anschließbare Leiter .....	138
Tabelle J.2 – Querschnitte von Kupferleitern, die an schraubenlose Klemmen anschließbar sind .....	138
Tabelle J.3 – Zugkräfte .....	140
Tabelle K.1 – Informative Tabelle zu Farbkennzeichnung von Steckhülsen im Zusammenhang mit dem Leiterquerschnitt.....	144
Tabelle K.2 – Überlastungskräfte .....	145
Tabelle K.3 – Maße der Flachstecker.....	146
Tabelle K.4 – Maße der Steckhülsen.....	149
Tabelle L.1 – Anschlussbezeichnungen .....	151
Tabelle L.2 – Anschließbare Querschnitte von Aluminiumleitern für Schraubklemmen .....	152
Tabelle L.3 – Prüfungen, die sich nach dem Werkstoff von Leitern und Klemmen richten.....	153
Tabelle L.4 – Anschließbare Leiter und deren theoretische Durchmesser .....	153
Tabelle L.5 – Querschnitte ( $S$ ) von Aluminiumprüfleitern entsprechend den Bemessungsströmen .....	154
Tabelle L.6 – Länge der Prüfleiter .....	155
Tabelle L.7 – Maße von Ausgleicher und Sammelschiene .....	155
Tabelle L.8 – Prüfstrom als eine Funktion des Bemessungsstroms .....	157
Tabelle L.9 – Berechnungsbeispiel zur Bestimmung der mittleren Temperaturabweichung $D$ .....	157