

Inhalt

| | Seite |
|--|-------|
| Vorwort | 2 |
| 1 Anwendungsbereich | 8 |
| 2 Normative Verweisungen | 8 |
| 3 Begriffe | 9 |
| 4 Allgemeine Grundsätze für die Anwendung von Überspannungsableitern | 18 |
| 5 Grundlagen und Anwendungshinweise für Überspannungsableiter | 19 |
| 5.1 Geschichtliche Entwicklung von Überspannungsschutzeinrichtungen | 19 |
| 5.2 Verschiedene Typen und Bauarten sowie deren elektrische und mechanische Kennwerte | 20 |
| 5.2.1 Allgemeines | 20 |
| 5.2.2 Metalloxidableiter ohne Funkenstrecken nach IEC 60099-4 | 21 |
| 5.2.3 Metalloxid-Überspannungsableiter mit internen Serienfunkenstrecken nach IEC 60099-6 | 30 |
| 5.2.4 Leitungsableiter mit externer Serienfunkenstrecke (EGLA) nach IEC 60099-8:2011 | 32 |
| 5.3 Hinweise zum Einbau von Ableitern | 36 |
| 5.3.1 Ableiter für Hochspannungsschaltanlagen | 36 |
| 5.3.2 Mittelspannungsableiter | 43 |
| 5.3.3 Übertragungsleitungs-Überspannungsableiter (LSA) | 47 |
| 6 Isolationskoordination und Anwendung von Überspannungsableitern | 48 |
| 6.1 Allgemeines | 48 |
| 6.2 Überblick über die Isolationskoordination | 48 |
| 6.2.1 Allgemeines | 48 |
| 6.2.2 Verfahren der Isolationskoordination nach IEC | 49 |
| 6.2.3 Überspannungen | 49 |
| 6.2.4 Isolationskoordination für Leitungen: Vorgehensweise für den Einsatz von Ableitern | 55 |
| 6.2.5 Isolationskoordination für Schaltanlagen: Vorgehensweise für den Einsatz von Ableitern | 60 |
| 6.2.6 Untersuchung zur Isolationskoordination | 64 |
| 6.3 Auswahl von Ableitern | 65 |
| 6.3.1 Allgemeines | 65 |
| 6.3.2 Allgemeines Verfahren zur Auswahl von Überspannungsableitern | 67 |
| 6.3.3 Auswahl von Übertragungsleitungs-Überspannungsableitern, LSA | 78 |
| 6.3.4 Auswahl von Überspannungsableitern zum Kabelschutz | 87 |
| 6.3.5 Auswahl von Ableitern für Verteilungsnetz – besondere Hinweise | 89 |
| 6.3.6 Auswahl von Ultrahochspannungsableitern | 91 |
| 6.4 Normale und außergewöhnliche Betriebsbedingungen | 92 |
| 6.4.1 Normale Betriebsbedingungen | 92 |
| 6.4.2 Außergewöhnliche Betriebsbedingungen | 92 |
| 7 Überspannungsableiter für besondere Anwendungen | 96 |
| 7.1 Überspannungsableiter an Transformator-Sternpunkten | 96 |

| | Seite |
|--|-------|
| 7.1.1 Allgemeines | 96 |
| 7.1.2 Überspannungsableiter an vollisolierten Transformator-Sternpunkten | 96 |
| 7.1.3 Überspannungsableiter an Transformator-Sternpunkten mit abgestufter Isolierung | 96 |
| 7.2 Überspannungsableiter zwischen den Phasen | 96 |
| 7.3 Überspannungsableiter für rotierende Maschinen | 98 |
| 7.4 Parallel betriebene Überspannungsableiter | 99 |
| 7.4.1 Allgemeines | 99 |
| 7.4.2 Kombinieren verschiedener Ableiterbauarten | 100 |
| 7.5 Überspannungsableiter für Kondensatorschaltvorgänge | 100 |
| 7.6 Überspannungsableiter für Serienkondensatorbänke | 102 |
| 8 Anlagenmanagement für Überspannungsableiter | 102 |
| 8.1 Allgemeines | 102 |
| 8.2 Behandlung von Überspannungsableitern im Netz | 102 |
| 8.2.1 Bestandsdatenbank | 102 |
| 8.2.2 Technische Spezifikationen | 103 |
| 8.2.3 Strategische Reserven | 103 |
| 8.2.4 Transport und Lagerung | 103 |
| 8.2.5 Inbetriebnahme | 103 |
| 8.3 Wartung | 104 |
| 8.3.1 Allgemeines | 104 |
| 8.3.2 Verschmutzte Ableitergehäuse | 104 |
| 8.3.3 Beschichtung des Ableitergehäuses | 105 |
| 8.3.4 Kontrolle von Abtrennvorrichtungen an Überspannungsableitern | 105 |
| 8.3.5 Übertragungsleitungs-Überspannungsableiter | 105 |
| 8.4 Betriebseigenschafts- und Diagnosewerkzeuge | 105 |
| 8.5 Lebensdauerende | 105 |
| 8.5.1 Allgemeines | 105 |
| 8.5.2 GIS-Ableiter | 106 |
| 8.6 Entsorgung und Verwertung | 106 |
| Anhang A (informativ) Bestimmung zeitweiliger Überspannungen infolge von Erdfehlern | 107 |
| Anhang B (informativ) Gängige Praxis | 111 |
| Anhang C (informativ) Ableitermodellierungsverfahren für Untersuchungen unter Berücksichtigung von Isolationskoordination und Energieanforderungen | 112 |
| Anhang D (informativ) Diagnosegeräte für Metalloxid-Überspannungsableiter im Betrieb | 115 |
| Anhang E (informativ) Daten, die vom Hersteller für eine sachgerechte Auswahl von Überspannungsableitern benötigt werden | 129 |
| Anhang F (informativ) Typische Höchstwerte für Restspannungen von Metalloxidableitern ohne Funkenstrecken nach IEC 60099-4 | 130 |
| Anhang G (informativ) Verringerung der Steilheit von einlaufenden Überspannungen mit zusätzlicher Stoßkapazität an der Leitungsklemme | 131 |

| | Seite |
|--|-------|
| Anhang H (informativ) Lebensdauerende und Austausch von alten SiC-Ableitern mit Funkenstrecke..... | 140 |
| Literaturhinweise | 145 |
| Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen | 149 |
| Bilder | |
| Bild 1 – GIS-Ableiter aus drei mechanischen/einer elektrischen Säule (Mitte) und Ein-Säulen- Ausführung (links) und Strompfad der Ausführung mit drei mechanischen/einer elektrischen Säule (rechts) | 25 |
| Bild 2 – Typischer berührungssicherer Überspannungsableiter | 27 |
| Bild 3 – Bauarten von Metalloxid-Überspannungsableitern mit interner Funkenstrecke | 31 |
| Bild 4 – Komponenten eines EGLA nach IEC 60099-8..... | 33 |
| Bild 5 – Beispiele für Höchst- und Hochspannungsableiter mit Steuer- und Koronaringen..... | 37 |
| Bild 6 – Derselbe Ableitertyp auf einem Stiel stehend (links), von einem geerdeten Stahltragwerk hängend (Mitte) oder von einem Leiterseil hängend (rechts) montiert | 38 |
| Bild 7 – Typische Anordnung eines 420-kV-Ableiters | 39 |
| Bild 8 – Anlagen ohne Maschenerder (Verteilungsnetze)..... | 40 |
| Bild 9 – Anlagen mit Maschenerder (Hochspannungsschaltanlagen) | 41 |
| Bild 10 – Definition der mechanischen Lasten nach IEC 60099-4 | 43 |
| Bild 11 – Mittelspannungsableiter mit Abtrennvorrichtung und Isolationswinkeln..... | 44 |
| Bild 12 – Beispiele für gute und schlechte Erdungsausführungen für Mittelspannungsableiter | 46 |
| Bild 13 – Beispiel für typische Spannungen und Dauern in einem starr geerdeten Netz | 50 |
| Bild 14 – Typische Leiter-Erde-Überspannungen, die in Netzen auftreten..... | 51 |
| Bild 15 – Spannung-Strom-Kennlinie eines Ableiters | 52 |
| Bild 16 – Direkteinschlag in einen Phasenleiter mit LSA | 57 |
| Bild 17 – Blitzeinschlag in ein Erdseil oder einen Mast mit LSA | 58 |
| Bild 18 – Typisches Verfahren für eine Untersuchung zur Isolationskoordination von Überspannungsableitern | 66 |
| Bild 19 – Ablaufdiagramme für die Standardauswahl von Überspannungsableitern..... | 69 |
| Bild 20 – Beispiele für die TOV-Festigkeit von Ableitern..... | 70 |
| Bild 21 – Ablaufdiagramm für die Auswahl von NGLA..... | 80 |
| Bild 22 – Ablaufdiagramm für die Auswahl von EGLA | 84 |
| Bild 23 – Gebräuchliche Sternpunktanordnungen | 90 |
| Bild 24 – Typische Anordnungen für Phase-Phase-Ableiter und Phase-Erde-Ableiter | 98 |
| Bild A.1 – Erdfehlerfaktor k abhängig von X_0/X_1 für $R_1/X_1 = R_1 = 0$ | 107 |
| Bild A.2 – Abhängigkeit zwischen R_0/X_1 und X_0/X_1 für konstante Werte des Erdfehlerfaktors k mit $R_1 = 0$ | 108 |
| Bild A.3 – Abhängigkeit zwischen R_0/X_1 und X_0/X_1 für konstante Werte des Erdfehlerfaktors k mit $R_1 = 0,5 X_1$ | 108 |
| Bild A.4 – Abhängigkeit zwischen R_0/X_1 und X_0/X_1 für konstante Werte des Erdfehlerfaktors k mit $R_1 = X_1$ | 109 |

| | Seite |
|---|-------|
| Bild A.5 – Abhängigkeit zwischen R_0/X_1 und X_0/X_1 für konstante Werte des Erdfehlerfaktors k mit $R_1 = 2 X_1$ | 109 |
| Bild C.1 – Schematische Skizze einer typischen Ableiterinstallation | 112 |
| Bild C.2 – Anstieg der Restspannung als Funktion der vereinbarten Stirnzeit des Stroms | 113 |
| Bild C.3 – Ableitermodell für Untersuchungen zur Isolationskoordination – schnell ansteigende Überspannungen und vorläufige Berechnung (Möglichkeit 1) | 114 |
| Bild C.4 – Ableitermodell für Untersuchungen zur Isolationskoordination – schnell ansteigende Überspannungen und vorläufige Berechnungen (Möglichkeit 2) | 114 |
| Bild C.5 – Ableitermodell für Untersuchungen zur Isolationskoordination – langsam ansteigende Überspannungen | 114 |
| Bild D.1 – Typischer Leckstrom eines nichtlinearen Metalloxidwiderstands unter Laborbedingungen..... | 117 |
| Bild D.2 – Typische Leckströme von Ableitern unter Einsatzbedingungen | 118 |
| Bild D.3 – Typische Spannung-Strom-Kennlinien von nichtlinearen Metalloxidwiderständen | 119 |
| Bild D.4 – Typische normierte Spannungsabhängigkeit bei +20 °C..... | 119 |
| Bild D.5 – Typische normierte Temperaturabhängigkeit bei U_c | 120 |
| Bild D.6 – Einfluss des Anstiegs des resistiven Leckstroms auf den Gesamtleckstrom | 121 |
| Bild D.7 – Gemessene Spannung und gemessener Leckstrom sowie berechneter resistiver und kapazitiver Strom ($V = 6,3$ kV Effektivwert) | 123 |
| Bild D.8 – Resultierender Strom nach Kompensation mit kapazitivem Strom bei U_c | 124 |
| Bild D.9 – Fehler bei der Bewertung der Oberschwingung dritter Ordnung im Leckstrom für verschiedene Phasenwinkel der Oberschwingung dritter Ordnung in der Netzspannung unter Berücksichtigung verschiedener Kapazitäten und Spannung-Strom-Kennlinien nichtlinearer Metalloxidwiderstände | 125 |
| Bild D.10 – Typische Information für die Umrechnung in „Standard“-Betriebsbedingungen für die Spannung | 127 |
| Bild D.11 – Typische Information für die Umrechnung in „Standard“-Betriebsbedingungen für die Temperatur | 127 |
| Bild G.1 – Wellenformen der Überspannung in verschiedenen Abständen vom Einschlagort (0,0 km) infolge der Koronaentladung | 132 |
| Bild G.2 – Fall 1, EMTP-Modell: Spannungsquellenersatzschaltung, Leitung (Z, c) und Schaltanlagen-Sammelschiene (Z, c) und Kapazität (C_s) | 135 |
| Bild G.3 – Fall 2, Aufladung des Kondensators über die Leitung $Z: u(t) = 2 \cdot U_s \cdot (1 - \exp[-t/(Z \cdot C)])$ | 136 |
| Bild G.4 – EMTP-Modell | 137 |
| Bild G.5 – Simulierte Überspannungen an der Kopplung zwischen Leitung und Schaltanlage..... | 137 |
| Bild G.6 – Simulierte Überspannungen am Transformator..... | 138 |
| Bild G.7 – EMTP-Modell | 138 |
| Bild G.8 – Simulierte Überspannungen an der Kopplung zwischen Leitung und Schaltanlage..... | 139 |
| Bild G.9 – Simulierte Überspannungen am Transformator..... | 139 |
| Bild H.1 – SiC-Ableiterstapel | 141 |
| Tabellen | |
| Tabelle 1 – Mechanische Mindestanforderungen (für Ableiter mit Porzellan Gehäuse)..... | 42 |

| | Seite |
|---|-------|
| Tabelle 2 – Ableiterklassifizierung für Überspannungsableiter | 71 |
| Tabelle 3 – Definition des Faktors A in den Gleichungen (15) bis (17) für verschiedene Freileitungen | 76 |
| Tabelle 4 – Beispiele für Schutzbereiche für Freiluftschaltanlagen, berechnet mit Gleichung (17)..... | 77 |
| Tabelle 5 – Beispiel für die Berechnungsgrundlagen der Blitzstrombeanspruchung der EGLA in 77-kV-Übertragungsleitungen | 86 |
| Tabelle 6 – Wahrscheinlichkeit für einen Isolatorüberschlag nach Gleichung (19) | 87 |
| Tabelle D.1 – Zusammenfassung der Diagnoseverfahren..... | 128 |
| Tabelle D.2 – Eigenschaften von Vor-Ort-Leckstrommessmethoden..... | 128 |
| Tabelle E.1 – Ableiterdaten, die für die Auswahl eines Überspannungsableiters benötigt werden..... | 129 |
| Tabelle F.1 – Restspannungen für 20 000-A- und 10 000-A-Ableiter bezogen auf die Bemessungsspannung..... | 130 |
| Tabelle F.2 – Restspannungen für 5 000-A-, 2 500-A- und 1 500-A-Ableiter bezogen auf die Bemessungsspannung..... | 130 |
| Tabelle G.1 – Einfluss von C_s auf den Steilheitsfaktor f_s und die Steilheit S_n | 134 |
| Tabelle G.2 – Änderung der Koordinations-Steh-Schaltstoßspannung U_{cw} | 135 |