

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
1. Definitionen und Begriffe	8
1.1. Definitionen	8
1.2. Begriffe	9
2. Grundlagen der Sternpunktbehandlung	13
2.1. Aufgaben der Sternpunktbehandlung	13
2.2. Arten der Sternpunktbehandlung	14
2.2.1. Netze mit isoliertem Sternpunkt	14
2.2.2. Netze mit Resonanz-Sternpunktterdung (RESPE)	16
2.2.3. Netze mit Niederohmiger Sternpunktterdung (NOSPE)	20
3. Auswirkungen der Auswahl der Sternpunktbehandlung	22
3.1. Grundsätzliche Rahmenbedingungen bei Bewertung der Sternpunktbehandlung	22
3.2. Berührungsspannung	23
3.2.1. Grundlegende Forderungen	23
3.2.2. Netze mit isoliertem Sternpunkt (OSPE)	24
3.2.3. Netze mit Resonanz-Sternpunktterdung (RESPE)	24
3.2.4. Netze mit niederohmiger Sternpunktterdung (NOSPE)	27
3.2.5. Netze mit kurzzeitiger niederohmiger Sternpunktterdung (KNOSPE)	27
3.3. Bemessung der Querschnitte von Erdern und Erdungsleitungen	28
3.4. Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen und Rohrleitungen	28
3.4.1. Grundlegende Forderungen	28
3.4.2. Netze mit isoliertem Sternpunkt und mit Resonanz-Sternpunktterdung (RESPE)	29
3.4.3. Netze mit niederohmiger Sternpunktterdung (NOSPE)	31
3.4.4. Netze mit kurzzeitiger niederohmiger Sternpunktterdung (KNOSPE)	31
3.5. Unsymmetrien und Größe der Sternpunkt-Verlagerungsspannung	31
3.5.1. Ursachen der inneren Unsymmetrie	31
3.5.2. Innere Unsymmetrie einer Leitung	32
3.5.3. Äußere Unsymmetrie aufgrund kapazitiver Einkopplungen	33
3.6. Fehlerortung und Fehlerklärung	33
3.6.1. Übersicht einiger Verfahren zur Erdschluss-Richtungserfassung	33
3.6.2. Transiente Verfahren der Erdschluss-Richtungserfassung	34
3.6.3. Stationäre Verfahren der Erdschluss-Richtungserfassung	39
3.6.4. Verfahren mit Überstromerfassung	40
3.7. Verfahren zur Regelung der Erdschlussspule	41
3.7.1. Parameterschätzung aus der Resonanzkurve; $\sqrt{2}$ – Methode	41
3.7.2. Parameterschätzung aus der Resonanzkurve U_0 und $1/U_0$	41
3.7.3. Parameterschätzung aus der Inversen der Resonanzkurve	41
3.7.4. Berechnung der Ortskurve durch stufige Änderung der Spulenstellung	42
3.7.5. Berechnung der Verstimmung mit einer 50-Hz-Stromeinspeisung	42
3.7.6. Berechnung der Verstimmung durch Einspeisung von mehreren Frequenzen	42

3.8. Belastungen der Betriebsmittel	43
3.8.1. Stationäre Belastungen	43
3.8.2. Transiente Belastungen	46
3.8.3. Einfluss der Sternpunktterdung auf die Belastung der Transformatoren	47
3.8.4. Einfluss der Sternpunktterdung auf die Belastung von Leitungen	48
3.8.5. Aspekte zur Auswahl der Sternpunktimpedanzen	53
3.8.6. Einfluss der Sternpunktterdung auf die Isolationskoordination	54
3.8.7. Auswahl von Überspannungsableitern	56
3.9. Fehlergeschehen D-A-CH	58
4. Ergänzende Hinweise und Aspekte zur Auswahl	62
4.1. Ergänzende Aspekte	62
4.2. Erd(kurz)schluss-Messungen	63
4.2.1. Ziel und Umfang von Messungen	63
4.2.2. Messaufbau	63
4.2.3. Vorbereitung der Messung	64
4.2.4. Durchführung und Bewertung von Erdschluss-Messungen	65
4.2.5. Repräsentative Ergebnisse von Erdschluss-Messungen	65
4.2.6. Durchführung und Bewertung von Erd-Kurzschlussmessungen	67
4.3. Ermittlung der kapazitiven Unsymmetrie in Netzen mit RESPE	68
4.4. Kopplung der Nullsysteme an Transformatoren mit Sternpunktterdung	71
5. Beispiele zur Auswahl der Sternpunktbehandlung	74
5.1. Vergleich der Arten der Sternpunktterdung	74
5.2. 16-kV-Verteilnetz mit isoliertem Sternpunkt – OSPE	77
5.2.1. Netzstruktur	77
5.2.2. Berührungsspannung	77
5.2.3. Erfasste Fehler im Netz	78
5.2.4. Erdschlussmessungen	78
5.3. Ländliches 20-kV-Freileitungs-/Kabelnetz mit starker regenerativer Einspeisung - RESPE	78
5.3.1. Netzstruktur	78
5.3.2. Berührungsspannung	79
5.3.3. Bemessung der Querschnitte von Erdern und Erdungsanlagen	80
5.3.4. Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen und Rohrleitungen	80
5.3.5. Erfasste Fehler im Netz	80
5.3.6. Fehlerortung und Fehlerklärung	80
5.3.7. Erdschlussmessungen	80
5.4. Städtisches 10-kV-Kabelnetz - NOSPE (resistiv)	81
5.4.1. Allgemeine strukturelle Rahmenbedingungen	81
5.4.2. Berührungsspannung	82
5.4.3. Bemessung der Querschnitte von Erdern und Erdungsanlagen	82
5.4.4. Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen und Rohrleitungen	83
5.5. Vermaschtes 110-kV-Netz - RESPE	83
5.6. Städtisches 110-kV-Netz - NOSPE (induktiv)	84
5.7. Ländliches 110-kV-Netz - NOSPE	86
5.8. Industriennetz - NOSPE	87
5.8.1. Netzstruktur	87
5.8.2. Fehlerklärung	88
5.8.3. Berührungsspannungen	89
5.8.4. Bemessung der Querschnitte von Erdern und Erdungsanlagen	89
5.8.5. Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen	89
5.8.6. Erd-Kurzschlussmessungen	89

6. Fragen und Antworten	90
7. Literaturverzeichnis	101
Anhang	103
A. Vorgehensweise für eine Erdschlussmessung in einem MS-Netz	104
A.1. Versuchsziel	104
A.2. Voraussetzungen	104
A.3. Vorbereitende Messungen	104
A.3.1. Aufnahme der Resonanzkurve	105
A.4. Erdschlussmessungen	105
A.4.1. Durchfahren der v-Kurve an der SS UW	105
A.4.2. Durchfahren der v-Kurve an der SSt im Netz	106
B. Gegenüberstellung der Normen im D-A-CH-Gebiet	107