

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> . . . . .	<b>3</b>
<b>1. Definitionen und Begriffe</b> . . . . .	<b>8</b>
1.1. Definitionen . . . . .	8
1.2. Begriffe . . . . .	9
<b>2. Grundlagen der Sternpunktbehandlung</b> . . . . .	<b>13</b>
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-Sternpunkterdung (RESPE) . . . . .	16
2.2.3. Netze mit Niederohmiger Sternpunkterdung (NOSPE) . . . . .	20
<b>3. Auswirkungen der Auswahl der Sternpunktbehandlung</b> . . . . .	<b>22</b>
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-Sternpunkterdung (RESPE) . . . . .	24
3.2.4. Netze mit niederohmiger Sternpunkterdung (NOSPE) . . . . .	27
3.2.5. Netze mit kurzzeitiger niederohmiger Sternpunkterdung (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-Sternpunkterdung (RESPE) . . . . .	29
3.4.3. Netze mit niederohmiger Sternpunkterdung (NOSPE) . . . . .	31
3.4.4. Netze mit kurzzeitiger niederohmiger Sternpunkterdung (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 Erdschlusspule . . . . .	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 Sternpunkterdung auf die Belastung der Transformatoren . . . . .	47
3.8.4.	Einfluss der Sternpunkterdung auf die Belastung von Leitungen . . . . .	48
3.8.5.	Aspekte zur Auswahl der Sternpunktimpedanzen . . . . .	53
3.8.6.	Einfluss der Sternpunkterdung auf die Isolationskoordination . . . . .	54
3.8.7.	Auswahl von Überspannungsableitern . . . . .	56
3.9.	Fehlergeschehen D-A-CH . . . . .	58
<b>4.</b>	<b>Ergänzende Hinweise und Aspekte zur Auswahl . . . . .</b>	<b>62</b>
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 Sternpunkterdung . . . . .	71
<b>5.</b>	<b>Beispiele zur Auswahl der Sternpunktbehandlung . . . . .</b>	<b>74</b>
5.1.	Vergleich der Arten der Sternpunkterdung . . . . .	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.	Industriernetz - 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

---

<b>6. Fragen und Antworten</b>	<b>90</b>
<b>7. Literaturverzeichnis</b>	<b>101</b>
<b>Anhang</b>	<b>103</b>
<b>A. Vorgehensweise für eine Erdschlussmessung in einem MS-Netz</b>	<b>104</b>
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>B. Gegenüberstellung der Normen im D-A-CH-Gebiet</b>	<b>107</b>