

Inhalt

Vorwort zur 1. Auflage	5
Vorwort zur 2. Auflage	6
Vorwort zur 3. Auflage	7
Vorwort zur 4. Auflage	8
1 Spannungsebenen	17
1.1 Was ist Hochspannung?	17
1.2 Welcher generelle Unterschied besteht zur Niederspannung?	17
1.3 Welche Spannungsebenen gab es, und welche sind heute üblich?	22
1.4 Wie verlief die historische Entwicklung, und was bringt die Zukunft?	23
2 Netze und Sternpunktbehandlung	25
2.1 Welche Netzformen gibt es?	25
2.2 Welche typischen Netzfehler treten auf?	28
2.3 Welche Arten der Sternpunktbehandlung gibt es mit welchen Vor- und Nachteilen?	29
2.4 Welche Sternpunktbehandlung ist für welche Netzart zu empfehlen?	37
2.5 Wie lässt sich in einem RSPE-Netz ein Erdschluss feststellen?	38
2.6 Was ist bei der Umstellung von OSPE- oder RSPE-Netzen auf NOSPE zu beachten?	40
3 Planung und ihre Voraussetzungen	45
3.1 Welche Angaben über das vorhandene Netz sind erforderlich?	45
3.2 Welche Angaben vom Abnehmer sind erforderlich?	46
3.3 Welche zusätzlichen Angaben vom Abnehmer sind erforderlich?	46
3.4 Wie soll die neue Anlage in das Netz eingebunden werden?	47
3.5 Wie beurteilt man die Kurzschlussfestigkeit von kleineren Anlagen?	47
3.6 Wie beurteilt man die Kurzschlussfestigkeit von mittleren Anlagen?	49
3.7 Was ist zu tun, wenn die Kurzschlusswerte des Netzes nicht bekannt sind?	50
3.8 Was sollte bei der Gestaltung kleinerer Anlagen beachtet werden?	51
3.9 Was sollte bei der Gestaltung mittlerer Anlagen beachtet werden?	52
3.10 Was ist bei der Planung und Ausführung von Erdungsanlagen zu beachten?	54
	9

4	Gebäude und Brandschutz	55
4.1	Wie müssen Fluchtwege bemessen sein?	55
4.2	Welche Anforderungen werden an Türen gestellt?	55
4.3	Wie müssen Fenster ausgeführt werden?	56
4.4	Wie müssen Öffnungen von Gebäuden vergittert werden?	56
4.5	Dürfen in den Schalträumen fremde Rohrleitungen verlegt werden?	56
4.6	Müssen Türen und Fenster geerdet werden?	57
4.7	Welche Forderungen werden an Fußböden gestellt?	57
4.8	Müssen die Gebäude mit Blitzschutzanlagen versehen sein?	57
4.9	Welche Verträglichkeitspegel sind für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte (Induktion) festgelegt?	58
4.10	Welcher Druck entsteht bei Lichtbögen in Gebäuden?	58
4.11	Welche brandschutztechnischen Forderungen bestehen an Wände, Decken und Türen von Schaltanlagen- und Transformatorenräumen?	60
4.12	Sind tragbare Feuerlöscher vorgeschrieben?	62
4.13	Sind Brandmelder erforderlich?	63
4.14	Welche besonderen Maßnahmen sind erforderlich, wenn Betriebsmittel brennbares Isolieröl enthalten?	63
4.15	Müssen Schalträume beheizt werden?	63
4.16	Ist in elektrischen Betriebsräumen eine Sicherheitsbeleuchtung erforderlich?	65
5	Schaltanlagen und Schaltgeräte	67
5.1	Welche Bedeutung hat der sogenannte Mindestabstand N ?	67
5.2	Müssen an selbstgefertigten Anlagen dielektrische Prüfungen durchgeführt werden?	68
5.3	Welche Anlagenteile sind gegen direktes Berühren zu schützen?	69
5.4	Welche Maßnahmen gegen direktes Berühren sind erlaubt?	69
5.5	Welcher Unterschied besteht zwischen Hindernissen und Abdeckungen?	69
5.6	Wie sind Hindernisse anzubringen und zu kennzeichnen?	70
5.7	Wie sind Abdeckungen anzubringen?	70
5.8	Welche Abstände gelten für äußere Umzäunungen?	70
5.9	Welche Mindesthöhen sind einzuhalten?	70
5.10	Wie groß müssen Gänge vor und hinter Schaltanlagen sein?	71
5.11	Muss bei Wandaufstellung ein Abstand zur Wand eingehalten werden?	71
5.12	Welche Besonderheiten sind beim Aufstellen von gasisolierten Anlagen zu beachten?	71
5.13	Welche Grenztemperaturen sind in Schaltanlagen zulässig?	72
5.14	Müssen Schalter gegen das unbeabsichtigte Wiedereinschalten abschließbar sein?	72
5.15	Müssen Anlagen ohne Personenschutz gegen Störlichtbögen nachgerüstet werden?	74

5.16	Müssen neue Schaltanlagen lichtbogengeprüft sein?	74
5.17	Welche Aspekte des Lichtbogenschutzes werden bei der Risikoanalyse bewertet?	74
5.18	Welche vorbeugenden Maßnahmen gegen Lichtbogenfehler sind möglich?	75
5.19	Welche Bemessungswerte der Störlichtbogenqualifikation gibt es?	75
5.20	Muss der Steuerstromkreis jedes Schaltgerätes für sich freigeschaltet werden können?	76
5.21	Welche Angaben sind bei der Bestellung einer Schaltanlage erforderlich?	76
5.22	Welche Sicherungsklassen werden unterschieden, und wo werden sie angewendet?	76
5.23	Welche typischen Bemessungswerte haben Sicherungseinsätze?	77
5.24	Was versteht man unter dem Kurzschlussbegrenzungsvermögen von Sicherungen?	78
5.25	Wofür werden die Zeit-Strom-Kennlinien benötigt?	79
5.26	Wie wird mit Sicherungseinsätzen sachgemäß umgegangen?	80
5.27	Welche Sicherungen sind für Transformatoren geeignet?	80
5.28	Wie werden Kondensatoren abgesichert?	80
5.29	Wie werden Hochspannungsmotore gegen Erdschluss geschützt?	80
5.30	Wofür werden Trennschalter verwendet?	81
5.31	Muss immer eine sichtbare Trennstelle in Schaltanlagen vorhanden sein?	83
5.32	Wofür werden Trennschalter und Lasttrennschalter eingesetzt?	83
5.33	Wo werden Lastschalter-Sicherungskombinationen eingesetzt?	84
5.34	Wofür werden Leistungsschalter eingesetzt?	86
5.35	Welche Lichtbogenlöschprinzipien in Leistungsschaltern gibt es?	87
5.36	Welche Vorrichtungen zum Erden und Kurzschließen gibt es?	88
6	Transformatoren	89
6.1	Wie werden die Kühlungsarten bei Transformatoren und Drosseln bezeichnet?	89
6.2	Welche Kühlmittelarten gibt es?	89
6.3	Was bedeuten die Brandklassen F0 und F1 bei Trockentransformatoren?	90
6.4	Welche Bedingungen sind beim Parallelbetrieb von Transformatoren einzuhalten?	90
6.5	Wie werden Schutzfunkenstrecken an Transformatoren eingestellt?	92
6.6	Dürfen mehrere Transformatoren in einem Raum stehen?	93
6.7	Dürfen Transformatoren zusammen mit Schaltanlagen in einem Raum untergebracht werden?	93
6.8	Müssen Transformatoren auch unterspannungsseitig geerdet und kurzgeschlossen werden können?	93
		11

6.9	Was versteht man unter Kurzschlussspannung?	94
6.10	Mit welchen Kurzschlussgrößen ist bei Transformatoren zu rechnen?	95
6.11	Welche zulässige Kurzschlussdauer haben Transformatoren?	95
6.12	Wie werden Ölauffangeinrichtungen dimensioniert und müssen sie durch einen Sachverständigen geprüft werden?	96
6.13	Wie werden Temperaturüberwachungseinrichtungen eingestellt?	97
6.14	Wo und mit welchem Querschnitt wird der Sternpunkt eines Transformators geerdet?	98
6.15	Wie erfolgt eine Probenahme von Isolieröl aus Transformatoren?	99
6.16	Welche Durchschlagfestigkeit muss Isolieröl aufweisen?	99
6.17	In welchen Zeitabständen ist Isolieröl zu prüfen?	99
6.18	Wie groß müssen die Türöffnungen von Transformatorenräumen sein?	100
6.19	Welches Umgehungsmaß ist bei Transformatoren einzuhalten?	100
6.20	Wie werden Transformatoren abgesichert?	100
6.21	Wann dürfen Transformatoren kurzzeitig parallelgeschaltet werden, wenn dadurch der zulässige Kurzschlussstrom der Schaltanlage überschritten wird?	102
6.22	Wie sollten Transformatorenräume belüftet werden?	102
6.23	Müssen Transformatoren über eine Festkompensation ihrer Blindleistung verfügen?	102
6.24	Welche Besonderheiten des Schutzes und der Aufstellung von Transformatoren außerhalb elektrischer Betriebsstätten in Industriegebäuden sind zu beachten?	102
6.25	Warum werden Öltransformatoren geneigt aufgestellt?	103
6.26	Was ist bei Gießharz- oder Trockentransformatoren zu beachten?	103
6.27	Was ist bei Stromschiendirektanschlüssen an Transformatoren zu beachten?	103
6.28	Welche Besonderheiten gibt es bei den Schaltgruppen?	104
6.29	Energieeffiziente Transformatoren, was muss ich tun?	105
7	Mess- und Schutztechnik	106
7.1	Welche Aufgaben haben Spannungs- und Stromwandler?	106
7.2	Welche Arten von Spannungswandlern gibt es?	106
7.3	Müssen Spannungswandler abgesichert werden?	107
7.4	Wie können Spannungswandler verschaltet werden?	110
7.5	Müssen Wicklungen von Spannungswandlern geerdet werden?	110
7.6	Wofür werden e-n-Wicklungen benötigt?	111
7.7	Warum und wie werden auch unbenutzte e-n-Wicklungen bebürdet? – Ferroresonanzen	111
7.8	Müssen die Sekundärklemmen von Messwandlern leicht zugänglich sein?	116

7.9	Welche Arten von Stromwandlern gibt es?	116
7.10	Warum müssen offene Sekundärklemmen von Stromwandlern kurzgeschlossen werden?	117
7.11	Wofür werden Kabelumbauwandler verwendet?	117
7.12	Welche Bedeutung haben Überstromzahl und Bürde von Stromwandlern?	118
7.13	Müssen Steuerspannungen überwacht werden?	119
7.14	Müssen auch Steuerstromkreise freigeschaltet werden können?	122
7.15	Was ist bei der Aufstellung von Batterien zu beachten?	122
7.16	Welche Störquellen wirken sich auf Steuerstromkreise aus?	122
7.17	Welche Maßnahmen gegen Störbeeinflussungen sind üblich?	123
7.18	Welche besonderen EMV-Maßnahmen werden bei SF ₆ -Anlagen erforderlich?	123
7.19	Welche Arten von Schutzrelais gibt es?	123
7.20	Was versteht man unter Mitnahmeschaltung?	126
8	Kabel und Leitungen	127
8.1	Müssen Starkstrom- und Steuerkabel auf getrennten Trassen verlegt werden?	127
8.2	Welche Besonderheiten sind bei der Verlegung von Einleiterkabeln zu beachten?	129
8.3	Dürfen Kabel im Ölauffangraum verlegt werden?	133
8.4	Wie sind Kabel außerhalb abgeschlossener elektrischer Betriebsräume gegen Beschädigung zu schützen?	133
8.5	Was ist bei Erdverlegung zu beachten?	134
8.6	Welche Abstände sind bei Kreuzungen und Näherungen in der Erde einzuhalten?	135
8.7	Müssen Kabeltragesysteme in die Schutzerdung einbezogen werden?	136
8.8	Müssen Schirme von Leitungen beidseitig geerdet werden?	136
8.9	Welche elektrischen Prüfungen werden an Kabeln durchgeführt?	137
8.10	Was ist bei Papier-Masse-Kabeln zu beachten?	138
9	Überspannungsschutz	139
9.1	Welche Bestimmungen fordern Überspannungsschutz?	139
9.2	Welche Überspannungen werden unterschieden?	139
9.3	Was ist Isolationskoordination?	139
9.4	Mit welchen Spannungen werden Betriebsmittel geprüft?	140
9.5	Nach welchen Gesichtspunkten wählt man die Isolationspegel von Betriebsmitteln aus?	140
9.6	Wo sollten Überspannungsableiter eingebaut werden?	142
9.7	Müssen Transformatoren gegen Überspannungen geschützt werden?	142

10	Erdungsanlagen	143
10.1	Wozu dienen Erdungsanlagen und wer darf sie errichten?	143
10.2	Welche Anforderungen werden an eine Erdungsanlage gestellt?	143
10.3	Welche Parameter sind für die Dimensionierung einer Erdungsanlage maßgebend?	143
10.4	Welcher Unterschied besteht zwischen der Hochspannungs- und der Niederspannungserdungsanlage?	145
10.5	Dürfen Hochspannungs- und Niederspannungserdungsanlagen zusammengeschlossen werden?	145
10.6	Wann sind getrennte Erdungsanlagen notwendig? Welches Risiko besteht?	146
10.7	Wie wird die Trennung von Erdungsanlagen nachgewiesen?	147
10.8	Ist in einem Gebiet mit globalem Erdungssystem ein TT-System überhaupt möglich?	149
10.9	In welchem Zusammenhang stehen Erdungs-, Schritt- und Berührungsspannung?	149
10.10	Welcher Wert wird für die Erdungsimpedanz verlangt?	149
10.11	Was ist zu tun, wenn die Messung der Berührungsspannung unzulässig hohe Werte ergab?	150
10.12	Wie werden Erdungsimpedanzen gemessen?	151
10.13	Wie weit muss der Hilferder von der zu messenden Erdungsanlage entfernt sein?	152
10.14	Wie wird die Wirksamkeit von Erdungsanlagen in einem globalen Erdungssystem beurteilt?	152
10.15	Müssen Türen, Lüftungsgitter und Fenster geerdet werden?	153
10.16	Welche Berührungsspannungen sind zulässig?	153
10.17	Wie werden Berührungsspannungen gemessen?	154
10.18	Wozu wird der Reduktionsfaktor benötigt? Wie kann er annähernd ermittelt werden?	155
10.19	Wie werden Erdungswiderstände an Freileitungsmasten ermittelt und bewertet?	156
11	Zubehör und Dokumentation	159
11.1	Was gehört in das Stationszubehör?	159
11.2	Muss das Stationszubehör vor Ort aufbewahrt werden?	159
11.3	Wer ist für das Stationszubehör verantwortlich?	159
11.4	Was gehört zur vollständigen Dokumentation?	160
11.5	Welche Geräte zum Erden und Kurzschließen gibt es?	161
11.6	Welche Anforderungen müssen EuK-Vorrichtungen erfüllen?	162
11.7	Nach welchen Kriterien werden EuK-Vorrichtungen ausgewählt?	162
11.8	Wie wird eine EuK-Vorrichtung beurteilt, wenn die Kennzeichnung fehlt?	164

11.9	Darf eine durch Kurzschluss beanspruchte EuK-Vorrichtung weiterbenutzt werden?	165
11.10	Welche Wiederholungsprüfungen werden an EuK-Vorrichtungen erlangt?	165
11.11	Welche Anforderungen werden an tragbare Spannungsprüfer gestellt?	166
11.12	Wie werden tragbare Spannungsprüfer eingeteilt und gekennzeichnet?	166
11.13	Was ist bei dem Gebrauch tragbarer Spannungsprüfer zu beachten?	166
11.14	Welche Wiederholungsprüfungen werden an tragbaren Spannungsprüfern verlangt?	167
11.15	Und wie ist das eigentlich mit dem Schüttelzipp?	167
11.16	Welche Anforderungen werden an Schutzplatten gestellt?	167
11.17	Welche Anforderungen werden an Betätigungsstangen gestellt?	169
12	Abnahme und Prüfungen	171
12.1	Welche Abnahmeprüfungen sind erforderlich?	171
12.2	Welche Unterlagen müssen zu einer Abnahmeprüfung vorliegen?	172
12.3	Welche Wiederholungsprüfungen sind in welchen Zeitabständen vorgeschrieben?	172
13	Diagnoseverfahren	174
13.1	Welche Diagnoseverfahren sind üblich?	174
14	Betrieb und Wartung	176
14.1	Wofür benötigt man eine Schaltberechtigung?	176
14.2	Worin bestehen die fünf Sicherheitsregeln und welche Bedeutung haben sie?	178
14.3	Müssen Schaltfelder, Schaltgeräte und Sammelschienen bezeichnet werden?	180
14.4	Darf bei SF ₆ -Verlust noch geschaltet werden?	181
14.5	Wie wird mit PCB-haltigen Transformatoren verfahren?	182
15	Einspeisung erneuerbarer Energien in das Mittelspannungsnetz	183
15.1	Welche Stromerzeuger gibt es und wie werden diese unterteilt?	183
15.2	Was ist der Unterschied zwischen Erzeugeranlagen vom Typ 1 und 2 und Typ A bis D?	185
15.3	Wann muss ich jetzt meine Stromerzeuger und Speicheranlage zertifizieren lassen	185
15.4	Was muss ich bei einem Umbau oder Erweiterung meiner Erzeugeranlage berücksichtigen?	187
15.5	Müssen die Schutzmaßnahmen selektiv aufgebaut sein?	188
15.6	Was gibt es noch für interessante Parameter und Angaben?	188
15.7	Welche Aufgaben hat der Entkupplungsschutz?	190
15.8	Was sind die empfohlenen Einstellwerte des Entkupplungsschutzes?	191

15.9	Was haben erneuerbare Energien mit Gleichspannung von mehr als 1 500V zu tun?	193
15.10	Welche Anforderungen sind bei Gleichspannungsnetzen anders?	194
15.11	Gibt es bei Gleichspannungsnetzen andere Netzformen?	195
15.12	Können die Erdungsanlagen für Gleich- und Wechselspannung miteinander verbunden werden?	197
15.13	Ist die Berechnung der Berührungsspannung bei Gleichspannung anders?	197
15.14	Welche brandschutztechnischen Anforderungen werden an den Aufstellort von Akku-Energiespeichersystemen gestellt?	198
A	Anhang	199
	Anhang 1	200
	Anhang 2	207
	Anhang 3	213
	Formelzeichen	218
	Fachbegriffe	221
	Literatur	223
	Register	234