

Inhalt

Vorwort zur 1. Auflage	5
Vorwort zur 2. Auflage	6
Vorwort zur 3. Auflage	7
1 Spannungsebenen	15
1.1 Was ist Hochspannung?	15
1.2 Welcher generelle Unterschied besteht zur Niederspannung?	15
1.3 Welche Spannungsebenen gab es, und welche sind heute üblich?	20
1.4 Wie verlief die historische Entwicklung, und was bringt die Zukunft?	21
2 Netze und Sternpunktbehandlung	23
2.1 Welche Netzformen gibt es?	23
2.2 Welche typischen Netzfehler treten auf?	26
2.3 Welche Arten der Sternpunktbehandlung gibt es mit welchen Vor- und Nachteilen?	27
2.4 Welche Sternpunktbehandlung ist für welche Netzart zu empfehlen?	34
2.5 Wie lässt sich in einem RSPE-Netz ein Erdschluss feststellen?	35
2.6 Was ist bei der Umstellung von OSPE- oder RSPE-Netzen auf NOSPE zu beachten?	37
3 Planung und ihre Voraussetzungen	42
3.1 Welche Angaben über das vorhandene Netz sind erforderlich?	42
3.2 Welche Angaben vom Abnehmer sind erforderlich?	43
3.3 Welche zusätzlichen Angaben vom Abnehmer sind erforderlich?	43
3.4 Wie soll die neue Anlage in das Netz eingebunden werden?	44
3.5 Wie beurteilt man die Kurzschlussfestigkeit von kleineren Anlagen?	44
3.6 Wie beurteilt man die Kurzschlussfestigkeit von mittleren Anlagen?	46
3.7 Was ist zu tun, wenn die Kurzschlusswerte des Netzes nicht bekannt sind?	47
3.8 Was sollte bei der Gestaltung kleinerer Anlagen beachtet werden?	48
3.9 Was sollte bei der Gestaltung mittlerer Anlagen beachtet werden?	49
3.10 Was ist bei der Planung und Ausführung von Erdungsanlagen zu beachten?	51

4	Gebäude und Brandschutz	52
4.1	Wie müssen Fluchtwege bemessen sein?	52
4.2	Welche Anforderungen werden an Türen gestellt?	52
4.3	Wie müssen Fenster ausgeführt werden?	53
4.4	Wie müssen Öffnungen von Gebäuden vergittert werden?	53
4.5	Dürfen in den Schalträumen fremde Rohrleitungen verlegt werden?	53
4.6	Müssen Türen und Fenster geerdet werden?	54
4.7	Welche Forderungen werden an Fußböden gestellt?	54
4.8	Müssen die Gebäude mit Blitzschutzanlagen versehen sein?	54
4.9	Welche Verträglichkeitspegel sind für die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte (Induktion) festgelegt?	55
4.10	Welcher Druck entsteht bei Lichtbögen in Gebäuden?	55
4.11	Welche brandschutztechnischen Forderungen bestehen an Wände, Decken und Türen von Schaltanlagen- und Transformatorenräumen?	57
4.12	Sind tragbare Feuerlöscher vorgeschrieben?	60
4.13	Sind Brandmelder erforderlich?	60
4.14	Welche besonderen Maßnahmen sind erforderlich, wenn Betriebsmittel brennbares Isolieröl enthalten?	60
4.15	Müssen Schalträume beheizt werden?	61
4.16	Ist in elektrischen Betriebsräumen eine Sicherheitsbeleuchtung erforderlich?	63
5	Schaltanlagen und Schaltgeräte	64
5.1	Welche Bedeutung hat der sogenannte Mindestabstand N ?	64
5.2	Müssen an selbstgefertigten Anlagen dielektrische Prüfungen durchgeführt werden?	65
5.3	Welche Anlagenteile sind gegen direktes Berühren zu schützen?	66
5.4	Welche Maßnahmen gegen direktes Berühren sind erlaubt?	66
5.5	Welcher Unterschied besteht zwischen Hindernissen und Abdeckungen?	66
5.6	Wie sind Hindernisse anzubringen und zu kennzeichnen?	67
5.7	Wie sind Abdeckungen anzubringen?	67
5.8	Welche Abstände gelten für äußere Umzäunungen?	67
5.9	Welche Mindesthöhen sind einzuhalten?	67
5.10	Wie groß müssen Gänge vor und hinter Schaltanlagen sein?	68
5.11	Muss bei Wandaufstellung ein Abstand zur Wand eingehalten werden?	68
5.12	Welche Besonderheiten sind beim Aufstellen von SF ₆ -Anlagen zu beachten?	68
5.13	Welche Grenztemperaturen sind in Schaltanlagen zulässig?	69
5.14	Müssen Schalter gegen das unbeabsichtigte Wiedereinschalten abschließbar sein?	69
5.15	Müssen Anlagen ohne Personenschutz gegen Störlichtbögen nachgerüstet werden?	69

5.16	Müssen neue Schaltanlagen lichtbogengeprüft sein?	71
5.17	Welche Aspekte des Lichtbogenschutzes werden bei der Risikoanalyse bewertet?	71
5.18	Welche vorbeugenden Maßnahmen gegen Lichtbogenfehler sind möglich?	72
5.19	Welche Bemessungswerte der Störlichtbogenqualifikation gibt es?	72
5.20	Muss der Steuerstromkreis jedes Schaltgerätes für sich freigeschaltet werden können?	73
5.21	Welche Angaben sind bei der Bestellung einer Schaltanlage erforderlich?	73
5.22	Welche Sicherungsklassen werden unterschieden, und wo werden sie angewendet?	73
5.23	Welche typischen Bemessungswerte haben Sicherungseinsätze?	74
5.24	Was versteht man unter dem Kurzschlussbegrenzungsvermögen von Sicherungen?	75
5.25	Wofür werden die Zeit-Strom-Kennlinien benötigt?	76
5.26	Wie wird mit Sicherungseinsätzen sachgemäß umgegangen?	76
5.27	Welche Sicherungen sind für Transformatoren geeignet?	77
5.28	Wie werden Kondensatoren abgesichert?	77
5.29	Wie werden direkt anlaufende Motoren abgesichert?	77
5.30	Wofür werden Trennschalter verwendet?	79
5.31	Muss immer eine sichtbare Trennstelle in Schaltanlagen vorhanden sein?	81
5.32	Wofür werden Trennschalter und Lasttrennschalter eingesetzt?	81
5.33	Wo werden Lastschalter-Sicherungskombinationen eingesetzt?	82
5.34	Wofür werden Leistungsschalter eingesetzt?	84
5.35	Welche Lichtbogenlöschprinzipien in Leistungsschaltern gibt es?	85
5.36	Welche Vorrichtungen zum Erden und Kurzschließen gibt es?	86
6	Transformatoren	87
6.1	Wie werden die Kühlungsarten bei Transformatoren und Drosseln bezeichnet?	87
6.2	Welche Kühlmittelarten gibt es?	87
6.3	Was bedeuten die Brandklassen FO und F1 bei Trocken- transformatoren?	88
6.4	Welche Bedingungen sind beim Parallelbetrieb von Transformatoren einzuhalten?	88
6.5	Wie werden Schutzfunkenstrecken an Transformatoren eingestellt?	90
6.6	Dürfen mehrere Transformatoren in einem Raum stehen?	91
6.7	Dürfen Transformatoren zusammen mit Schaltanlagen in einem Raum untergebracht werden?	91
6.8	Müssen Transformatoren auch unterspannungsseitig geerdet und kurzgeschlossen werden können?	91

6.9	Was versteht man unter Kurzschlussspannung?	92
6.10	Mit welchen Kurzschlussgrößen ist bei Transformatoren zu rechnen?	93
6.11	Welche zulässige Kurzschlussdauer haben Transformatoren?	93
6.12	Wie werden Ölauffangeinrichtungen dimensioniert und müssen sie durch einen Sachverständigen geprüft werden?	94
6.13	Wie werden Temperaturüberwachungseinrichtungen eingestellt?	95
6.14	Wo und mit welchem Querschnitt wird der Sternpunkt eines Transformators geerdet?	96
6.15	Wie erfolgt eine Probenahme von Isolieröl aus Transformatoren?	97
6.16	Welche Durchschlagfestigkeit muss Isolieröl aufweisen?	97
6.17	In welchen Zeitabständen ist Isolieröl zu prüfen?	98
6.18	Wie groß müssen die Türöffnungen von Transformatorenräumen sein?	98
6.19	Welches Umgehungsmaß ist bei Transformatoren einzuhalten?	98
6.20	Wie werden Transformatoren abgesichert?	98
6.21	Wann dürfen Transformatoren kurzzeitig parallelgeschaltet werden, wenn dadurch der zulässige Kurzschlussstrom der Schaltanlage überschritten wird?	100
6.22	Wie sollten Transformatorenräume belüftet werden?	100
6.23	Müssen Transformatoren über eine Festkompensation ihrer Blindleistung verfügen?	101
6.24	Welche Besonderheiten des Schutzes und der Aufstellung von Transformatoren außerhalb elektrischer Betriebsstätten in Industriegebäuden sind zu beachten?	101
6.25	Warum werden Öltransformatoren geneigt aufgestellt?	101
6.26	Was ist bei Gießharz- oder Trockentransformatoren zu beachten?	101
6.27	Was ist bei Stromschiendirektanschlüssen an Transformatoren zu beachten?	102
7	Mess- und Schutztechnik	103
7.1	Welche Aufgaben haben Spannungs- und Stromwandler?	103
7.2	Welche Arten von Spannungswandlern gibt es?	103
7.3	Müssen Spannungswandler abgesichert werden?	104
7.4	Wie können Spannungswandler verschaltet werden?	107
7.5	Müssen Wicklungen von Spannungswandlern geerdet werden?	107
7.6	Wofür werden e-n-Wicklungen benötigt?	108
7.7	Warum und wie werden auch unbenutzte e-n-Wicklungen bebürdet? – Ferroresonanzen	108
7.8	Müssen die Sekundärklemmen von Messwandlern leicht zugänglich sein?	113
7.9	Welche Arten von Stromwandlern gibt es?	113
7.10	Warum müssen offene Sekundärklemmen von Stromwandlern kurzgeschlossen werden?	114
7.11	Wofür werden Kabelumbauwandler verwendet?	114

7.12	Welche Bedeutung haben Überstromzahl und Bürde von Stromwandlern?	115
7.13	Müssen Steuerspannungen überwacht werden?	116
7.14	Müssen auch Steuerstromkreise freigeschaltet werden können?	119
7.15	Was ist bei der Aufstellung von Batterien zu beachten?	119
7.16	Welche Störquellen wirken sich auf Steuerstromkreise aus?	119
7.17	Welche Maßnahmen gegen Störbeeinflussungen sind üblich?	120
7.18	Welche besonderen EMV-Maßnahmen werden bei SF ₆ -Anlagen erforderlich?	120
7.19	Welche Arten von Schutzrelais gibt es?	120
7.20	Was versteht man unter Mitnahmeschaltung?	123
8	Kabel und Leitungen	124
8.1	Müssen Starkstrom- und Steuerkabel auf getrennten Trassen verlegt werden?	124
8.2	Welche Besonderheiten sind bei der Verlegung von Einleiterkabeln zu beachten?	126
8.3	Dürfen Kabel im Ölauffangraum verlegt werden?	130
8.4	Wie sind Kabel außerhalb abgeschlossener elektrischer Betriebsräume gegen Beschädigung zu schützen?	130
8.5	Was ist bei Erdverlegung zu beachten?	131
8.6	Welche Abstände sind bei Kreuzungen und Näherungen in der Erde einzuhalten?	132
8.7	Müssen Kabeltragesysteme in die Schutzerdung einbezogen werden?	133
8.8	Müssen Schirme von Leitungen beidseitig geerdet werden?	133
8.9	Welche elektrischen Prüfungen werden an Kabeln durchgeführt?	134
8.10	Was ist bei Papier-Masse-Kabeln zu beachten?	136
9	Überspannungsschutz	137
9.1	Welche Bestimmungen fordern Überspannungsschutz?	137
9.2	Welche Überspannungen werden unterschieden?	137
9.3	Was ist Isolationskoordination?	137
9.4	Mit welchen Spannungen werden Betriebsmittel geprüft?	138
9.5	Nach welchen Gesichtspunkten wählt man die Isolationspegel von Betriebsmitteln aus?	138
9.6	Wo sollten Überspannungsableiter eingebaut werden?	140
9.7	Müssen Transformatoren gegen Überspannungen geschützt werden?	140
10	Erdungsanlagen	141
10.1	Wozu dienen Erdungsanlagen und wer darf sie errichten?	141
10.2	Welche Anforderungen werden an eine Erdungsanlage gestellt?	141
10.3	Welche Parameter sind für die Dimensionierung einer Erdungsanlage maßgebend?	141

10.4	Welcher Unterschied besteht zwischen der Hochspannungs- und der Niederspannungserdungsanlage?	143
10.5	Dürfen Hochspannungs- und Niederspannungserdungsanlagen zusammengeschlossen werden?	143
10.6	Wann sind getrennte Erdungsanlagen notwendig? Welches Risiko besteht?	144
10.7	Wie wird die Trennung von Erdungsanlagen nachgewiesen?	145
10.8	Ist in einem Gebiet mit globalem ein TT-System überhaupt möglich?	147
10.9	In welchem Zusammenhang stehen Erdungs-, Schritt- und Berührungsspannung?	147
10.10	Welcher Wert wird für die Erdungsimpedanz verlangt?	147
10.11	Was ist zu tun, wenn die Messung der Berührungsspannung unzulässig hohe Werte ergab?	148
10.12	Wie werden Erdungsimpedanzen gemessen?	149
10.13	Wie weit muss der Hilfsleiter von der zu messenden Erdungsanlage entfernt sein?	150
10.14	Wie wird die Wirksamkeit von Erdungsanlagen in einem globalen Erdungssystem beurteilt?	150
10.15	Müssen Türen, Lüftungsgitter und Fenster geerdet werden?	151
10.16	Welche Berührungsspannungen sind zulässig?	151
10.17	Wie werden Berührungsspannungen gemessen?	152
10.18	Wozu wird der Reduktionsfaktor benötigt? Wie kann er annähernd ermittelt werden?	153
10.19	Wie werden Erdungswiderstände an Freileitungsmasten ermittelt und bewertet?	154
11	Zubehör und Dokumentation	157
11.1	Was gehört in das Stationszubehör?	157
11.2	Muss das Stationszubehör vor Ort aufbewahrt werden?	157
11.3	Wer ist für das Stationszubehör verantwortlich?	157
11.4	Was gehört zur vollständigen Dokumentation?	158
11.5	Welche Geräte zum Erden und Kurzschließen gibt es?	159
11.6	Welche Anforderungen müssen EuK-Vorrichtungen erfüllen?	159
11.7	Nach welchen Kriterien werden EuK-Vorrichtungen ausgewählt?	160
11.8	Wie wird eine EuK-Vorrichtung beurteilt, wenn die Kennzeichnung fehlt?	161
11.9	Darf eine durch Kurzschluss beanspruchte EuK-Vorrichtung weiterbenutzt werden?	162
11.10	Welche Wiederholungsprüfungen werden an EuK-Vorrichtungen verlangt?	163
11.11	Welche Anforderungen werden an tragbare Spannungsprüfer gestellt?	163
11.12	Wie werden tragbare Spannungsprüfer eingeteilt und gekennzeichnet?	163
11.13	Was ist bei dem Gebrauch tragbarer Spannungsprüfer zu beachten?	164

11.14	Welche Wiederholungsprüfungen sind an tragbaren Spannungsprüfern verlangt?	164
11.15	Und wie ist das eigentlich mit dem Schüttelzipp?	164
11.16	Welche Anforderungen werden an Schutzplatten gestellt?	165
11.17	Welche Anforderungen werden an Betätigungsstangen gestellt?	166
12	Abnahme und Prüfungen	168
12.1	Welche Abnahmeprüfungen sind erforderlich?	168
12.2	Welche Unterlagen müssen zu einer Abnahmeprüfung vorliegen?	168
12.3	Welche Wiederholungsprüfungen sind in welchen Zeitabständen vorgeschrieben?	169
13	Diagnoseverfahren	170
13.1	Welche Diagnoseverfahren sind üblich?	170
14	Betrieb und Wartung	172
14.1	Wofür benötigt man eine Schaltberechtigung?	172
14.2	Worin bestehen die fünf Sicherheitsregeln und welche Bedeutung haben sie?	174
14.3	Müssen Schaltfelder, Schaltgeräte und Sammelschienen bezeichnet werden?	176
14.4	Darf bei SF ₆ -Verlust noch geschaltet werden?	177
14.5	Wie wird mit PCB-haltigen Transformatoren verfahren?	178
A	Anhang	179
	Anhang 1	180
	Anhang 2	187
	Anhang 3	193
	Formelzeichen	198
	Fachbegriffe	201
	Literatur	203
	Register	211