

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Installation, Programmupdate und Deinstallation</b>	<b>15</b>
2.1	Installation	15
2.2	Programmupdate	17
2.3	Deinstallation	19
<b>3</b>	<b>Programmbeschreibung</b>	<b>21</b>
3.1	Berechnungsmöglichkeiten	21
3.1.1	Allgemeines	21
3.2	Kurzbeschreibung der Programme	22
3.2.1	Programm IkmaxminV1	28
3.2.2	Programm Ik1minZv	29
3.2.3	Programm IkmaxminV2	30
3.2.4	Programme NetzersatzV1 und NetzersatzV2	31
3.2.5	Programm Ik1minIn	31
3.2.6	Programm Lmax	31
3.2.7	Programme LeistungV1 und LeistungV2	32
3.3	Dateierweiterungen Projektdateien	32
3.4	Ländereinstellungen	33
<b>4</b>	<b>Kurzschlussarten und Berechnungsverfahren im TN-System</b>	<b>35</b>
4.1	Allgemeines	35
4.2	Kurzschlussarten	38
4.3	Berechnungsverfahren	39
4.3.1	Voraussetzungen für die Berechnung	42
4.4	Literatur zu Kapitel 4	44
<b>5</b>	<b>Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-System (Fehlerschutz) – Schutz bei indirektem Berühren</b>	<b>45</b>
5.1	Allgemeines	45
5.2	Koordinierung von Überstromschutzeinrichtungen und Leiternennquerschnitten	48
5.3	Abschaltzeiten im TN-System in Verteilungsnetzen	53
5.4	Beleuchtungsanlagen im Freien	54
5.5	Notwendigkeit der Berechnung des kleinsten einpoligen Kurzschlussstroms	55

5.6	Auswirkung der Abschaltzeiten für bestehende Elektroinstallationen .....	66
5.7	Literatur zu Kapitel 5 .....	66
<b>6</b>	<b>Überstromschutzeinrichtungen .....</b>	<b>69</b>
6.1	Allgemeines .....	69
6.2	Auswahlkriterien .....	71
6.3	Niederspannungssicherungen .....	71
6.3.1	Einsatz von Niederspannungssicherungen – Schutzziele .....	73
6.3.1.1	Beispiel zur Ermittlung des Durchlassstroms .....	74
6.3.2	Zeit-Strom-Bereiche und Zeit-Strom-Kennlinien .....	78
6.3.3	Schmelz- $I^2t$ -Kennlinien und $I^2t$ -Werte .....	87
6.3.3.1	Berechnungsbeispiel Kurzschlussfestigkeit .....	92
6.4	Leitungsschutzschalter .....	93
6.4.1	Allgemeines .....	93
6.4.2	Durchlass- $I^2t$ -Werte und $I^2t$ -Kennlinien .....	94
6.4.3	Anwendungsbereiche .....	100
6.4.4	Auslösecharakteristiken .....	104
6.5	Selektiver Hauptleitungsschutzschalter (SH-Schalter) .....	109
6.6	Leistungsschalter .....	112
6.6.1	Allgemeines .....	112
6.6.2	Typen von Leistungsschaltern .....	113
6.7	Motorstarter .....	116
6.8	Selektivität .....	117
6.8.1	Allgemeines .....	117
6.8.2	Selektivitätsarten .....	119
6.8.3	Selektivität zwischen Schmelzsicherungen .....	120
6.8.3.1	Beispiele Selektivitätsbetrachtung .....	122
6.8.4	Selektivität zwischen Schmelzsicherung und Leitungsschutzschalter .....	123
6.8.4.1	Beispiele zur Selektivität .....	129
6.8.5	Selektivität zwischen Leistungsschaltern .....	133
6.8.5.1	Allgemeines .....	133
6.8.5.2	Stromselektivität (Stromstaffelung) .....	134
6.8.5.3	Zeitselektivität (Zeitstaffelung) .....	137
6.8.6	Selektivität zwischen Leistungsschalter und Schmelzsicherung ..	141
6.8.7	Selektivität zwischen Schmelzsicherung und Leistungsschalter ..	142
6.9	Literatur zu Kapitel 6 .....	144

<b>7</b>	<b>Kurzschlussstromberechnung nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102) – einfach</b>	
	<b>gespeister, generatorferner einpoliger Kurzschluss</b>	<b>145</b>
7.1	Kleinster einpoliger Kurzschlussstrom	145
7.1.1	Berechnungsverfahren	145
7.1.2	Betriebsmitteldaten – Kurzschlussimpedanzen elektrischer Betriebsmittel	149
7.1.2.1	Netzeinspeisung	150
7.1.2.2	Transformatoren	159
7.1.2.2.1	Berechnung der Impedanzen von Transformatoren	168
7.1.2.2.2	Impedanzkorrekturfaktor $K_T$ für Netztransformatoren	177
7.1.2.2.3	Lastaufteilung bei Sammelschienen-Parallelbetrieb	179
7.1.2.3	Kabel und Leitungen	184
7.1.2.3.1	Berechnung der Impedanzen	202
7.1.2.4	Niederspannungssammelschienen	218
7.1.2.5	Niederspannungsfreileitungen	221
7.1.3	Beispiele zur Berechnung des Kurzschlussstroms	227
7.2	Größter einpoliger Kurzschlussstrom	278
7.3	Vereinfachte Berechnung – kleinster einpoliger Kurzschlussstrom	278
7.3.1	Allgemeine Hinweise	278
7.3.2	Berechnungsverfahren	280
7.3.2.1	Berechnungsbeispiel	284
7.4	Literatur zu Kapitel 7	299
<b>8</b>	<b>Maximal zulässige Stromkreislänge für Endstromkreise im TN-System beim Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung (Fehlerschutz)</b>	<b>301</b>
8.1	Allgemeine Hinweise	301
8.2	Vereinfachte Berechnung	304
8.2.1	Berechnungsverfahren	304
8.3	Ausführliche Berechnung	312
8.3.1	Berechnungsverfahren	312
8.4	Vereinfachte Berechnung bei vermindertem PEN- oder Schutzeleiterquerschnitt	316
8.5	Berechnungsbeispiele	317
8.6	Berechnung mit dem Programm	326
8.7	Berechnung bei parallel geschalteten Leitern	336
8.7.1	Allgemeines	336
8.7.2	Berechnungsverfahren	337
8.7.3	Zulässige Stromkreislänge von parallel geschalteten Leitern	343
8.7.4	Berechnungsbeispiel	344
8.8	Literatur zu Kapitel 8	356

<b>9</b>	<b>Kurzschlussstromberechnung nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102) – einfach gespeiste drei- und zweipolare Kurzschlussströme ohne Erdberührung</b>	<b>357</b>
9.1	Allgemeines .....	357
9.2	Berechnungsverfahren .....	359
9.2.1	Dreipoliger Kurzschlussstrom .....	359
9.2.1.1	Dreipoliger Stoßkurzschlussstrom .....	361
9.2.2	Zweipoliger Kurzschlussstrom .....	363
9.2.2.1	Zweipoliger Stoßkurzschlussstrom .....	364
9.3	Betriebsmitteldaten .....	365
9.4	Beitrag von Niederspannungs-Asynchronmotoren oder Gruppen von Asynchronmotoren (Ersatzmotoren) zum Anfangs- Kurzschlusswechselstrom .....	369
9.4.1	Allgemeines .....	369
9.4.2	Kurzschluss an den Anschlusspunkten von Niederspannungs-Asynchronmotoren .....	371
9.4.3	Berechnungsbeispiel .....	378
9.5	Berechnungsbeispiel Kurzschlussstromberechnung .....	384
9.5.1	Berechnung mit dem Programm .....	412
9.5.2	Erläuterung der Berechnungsergebnisse .....	418
9.6	Literatur zu Kapitel 9 .....	420
<b>10</b>	<b>Kurzschlussstromberechnung bei Netzersatzbetrieb</b> .....	<b>421</b>
10.1	Allgemeine Hinweise .....	421
10.2	Abschaltbedingungen und Selektivität .....	421
10.3	Berechnungsverfahren .....	424
10.3.1	Berechnungsbeispiel Anfangs-Kurzschlusswechselströme .....	428
10.4	Dreipolige und kleinste einpolige Kurzschlussströme (nach Abklingen der Ausgleichsvorgänge – stationärer Zustand) .....	432
10.4.1	Allgemeine Hinweise .....	432
10.4.2	Berechnungsverfahren .....	434
10.4.3	Berechnungsbeispiel .....	437
10.5	Literatur zu Kapitel 10 .....	462
<b>11</b>	<b>Schutz bei Kurzschluss; Nachweis der Kurzschlussfestigkeit</b> .....	<b>463</b>
11.1	Allgemeine Hinweise .....	463
11.2	Kurzschlussfestigkeit von Betriebsmitteln .....	464
11.2.1	Leistungstransformatoren (NS-Verteilungstransformatoren) .....	464
11.2.1.1	Thermische Kurzschlussfestigkeit .....	465
11.2.1.1.1	Berechnungsbeispiele .....	468
11.2.2	Leistungsschalter .....	475
11.2.3	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen .....	477
11.3	Thermische Wirkung auf Betriebsmittel und Leiter .....	479

11.3.1	Allgemeine Hinweise .....	479
11.3.2	Thermisch gleichwertiger Kurzzeitstrom .....	479
11.3.2.1	Elektrische Betriebsmittel .....	482
11.3.2.1.1	Berechnungsbeispiel .....	483
11.3.2.2	Leiter, Kabel und Leitungen .....	485
11.3.2.2.1	Berechnungsbeispiele .....	490
11.3.2.3	Stromwandler .....	495
11.4	Schutzeinrichtungen für Kabel und Leitungen .....	496
11.4.1	Allgemeines .....	496
11.4.2	Kenngrößen von Schutzeinrichtungen zum Schutz bei Kurzschluss .....	499
11.5	Schutz parallel geschalteter Kabel und Leitungen .....	508
11.5.1	Allgemeine Hinweise .....	508
11.5.2	Schutz bei Überlast .....	509
11.5.3	Schutz bei Kurzschluss .....	514
11.5.3.1	Berechnungsbeispiele .....	515
11.5.4	Koordinierung des Schutzes bei Überlast und Kurzschluss .....	527
11.6	Maximal zulässige Stromkreislänge .....	528
11.6.1	Allgemeine Hinweise .....	528
11.6.2	Berechnungsbeispiele .....	529
11.6.3	Kabel und Leitungen mit verminderterem PEN – oder Schutzleiterquerschnitt .....	538
11.6.3.1	Berechnungsbeispiel .....	539
11.7	Kurzschlussenschutz elektrischer Anlagen in Gebäuden – TAB 2012 .....	540
11.7.1	Allgemeine Hinweise .....	540
11.7.2	Anschluss an das Niederspannungsnetz .....	541
11.7.3	Einfluss der Betriebsmittel und Netzgestaltung auf die Impedanz .....	546
11.7.3.1	Berechnungsbeispiel – Nachweis der Kurzschlussfestigkeit .....	548
11.8	Literatur zu Kapitel 11 .....	551
<b>12</b>	<b>Berechnung Spannungsfall .....</b>	<b>553</b>
12.1	Allgemeines .....	553
12.2	Berechnungsverfahren .....	561
12.2.1	Einfach gespeiste, endbelastete Kabel oder Leitungen .....	561
12.2.1.1	Berechnungsbeispiel .....	567
12.2.2	Einfach gespeiste, mehrfach punktweise endbelastete Kabel oder Leitungen .....	572
12.2.2.1	Berechnungsbeispiel .....	577
12.2.3	Zweifach gespeiste, mehrfach punktweise endbelastete Kabel oder Leitungen .....	587
12.2.3.1	Berechnungsbeispiel .....	590

<b>12.2.4</b>	Berechnung einseitig gespeister, unsymmetrisch belasteter Drehstromsysteme .....	<b>595</b>
12.2.4.1	Allgemeines .....	595
12.2.4.2	Berechnung eines Drehstromsystems .....	596
12.2.4.3	Berechnungsverfahren .....	602
12.3	Berechnung Spannungsfall auf der Basis des Bemessungsstroms der Überstromschutzeinrichtung .....	620
12.3.1	Berechnungsbeispiel .....	621
12.3.2	Spannungsfall im Brandfall .....	630
12.3.2.1	Berechnungsbeispiel 12.8 .....	631
12.4	Maximal zulässige Stromkreislänge bei vorgegebenem prozentualen Spannungsfall .....	635
12.4.1	Berechnungsbeispiel .....	636
12.5	Literatur zu Kapitel 12 .....	637
<b>13</b>	<b>Planung elektrischer Anlagen – Ermittlung Leistungsbedarf</b> .....	<b>639</b>
13.1	Allgemeines .....	639
13.2	Leistungsbedarf und Gleichzeitigkeitsfaktor .....	645
13.2.1	Berechnung Leistungsbedarf .....	646
13.3	Bemessung von Hauptstromversorgungssystemen .....	654
13.4	Literatur zu Kapitel 13 .....	657
<b>14</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>659</b>
14.1	Anhang A: Auswirkungen von Oberschwingungsströmen auf symmetrisch belastete Drehstromsysteme .....	659
14.1.1	Allgemeines .....	659
14.1.2	Berechnung mit dem Programm .....	663
14.2	Anhang B: Symbolische Berechnung von Wechselstromkreisen .....	676
14.2.1	Allgemeines .....	676
14.2.2	Darstellung der Zeiger durch eine komplexe Zahl .....	676
14.2.3	Rechenregeln für komplexe Zahlen .....	679
14.2.4	Berechnungsbeispiele .....	680
14.3	Anhang C: Zusammenstellung von Kabeln und Leitungen .....	686
<b>15</b>	<b>Begriffe</b> .....	<b>693</b>
15.1	Literatur zu Kapitel 15 .....	731
<b>16</b>	<b>Weiterführende Literatur</b> .....	<b>733</b>
<b>17</b>	<b>Abkürzungsumbersicht</b> .....	<b>735</b>
<b>18</b>	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>737</b>