

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|------------|
| Formelzeichen, Indizes | VII |
| 1 Begriffe und Definitionen | 1 |
| 1.1 Zeitlicher Verlauf des Kurzschlussstroms | 3 |
| 1.2 Kurzschlussstromkreis im Mitsystem | 4 |
| 1.3 Einteilung der Kurzschlussarten | 5 |
| 1.4 Ersatzspannungsquelle | 7 |
| 1.5 Berechnung mit Bezugsgrößen | 8 |
| 2 Allgemeines zu DIN VDE 0102 | 10 |
| 3 Die Bedeutung von DIN VDE 0102 | 12 |
| 4 Versorgungsnetze | 15 |
| 4.1 Berechnungsgrößen für Versorgungsnetze | 15 |
| 4.2 Einseitig gespeiste Leitung | 15 |
| 4.3 Strahlennetz | 15 |
| 4.4 Ringnetz | 16 |
| 4.5 Maschennetz | 17 |
| 5 Netzformen bei der Kurzschlussstromberechnung | 18 |
| 5.1 Netzformen für die Niederspannung | 18 |
| 5.2 Netzformen für die Mittelspannung | 20 |
| 5.3 Netzformen für die Hochspannung | 25 |
| 6 Systeme bis 1 kV | 29 |
| 6.1 TN-System | 29 |
| 6.2 Berechnung des Fehlerstroms in der Praxis | 31 |
| 6.3 TT-System | 34 |
| 6.4 IT-System | 35 |
| 6.5 Umwandlung der Netzformen | 37 |
| 6.5.1 Einfach gespeistes Netz | 38 |
| 6.5.2 Mehrfach gespeiste und vermaschte Netze | 39 |
| 7 Sternpunktbehandlung in Drehstromnetzen | 41 |
| 7.1 Netze mit isoliertem, freiem Sternpunkt | 42 |
| 7.2 Netze mit Erdschlusskompensation | 44 |
| 7.3 Netze mit niederohmiger Sternpunktbehandlung | 46 |
| 8 Komplexe Rechnung | 50 |
| 8.1 Rechenregeln für komplexe Zahlen | 51 |
| 8.2 Komplexe Berechnung eines Wechselstromkreises | 52 |

| | |
|---|------------|
| 9 Methode der Symmetrischen Komponenten | 54 |
| 9.1 Symmetrische Komponenten | 55 |
| 9.2 Impedanzen der symmetrischen Komponenten | 58 |
| 10 Impedanzen von Drehstrom-Betriebsmitteln | 63 |
| 10.1 Netzeinspeisungen | 63 |
| 10.2 Generatoren | 66 |
| 10.3 Transformatoren | 68 |
| 10.4 Stelltransformatoren | 75 |
| 10.5 Kabel und Freileitungen | 76 |
| 10.6 Kurzschlussstrom-Begrenzungsdrösselspulen | 90 |
| 10.7 Asynchronmaschinen | 91 |
| 10.8 Berücksichtigung von Kondensatoren und nichtrotierenden Lasten | 93 |
| 10.9 Berücksichtigung von statischen Umrichtern | 93 |
| 11 Impedanzkorrekturen | 94 |
| 11.1 Korrekturfaktor von Generatoren K_G | 94 |
| 11.2 Kraftwerksblock K_{KW} | 95 |
| 11.3 Korrekturfaktor für Zwei- und Dreiwicklungstransformatoren K_T | 96 |
| 12 Berechnung der Kurzschlussströme | 98 |
| 12.1 Dreipoliger Kurzschluss | 98 |
| 12.2 Zweipoliger Kurzschluss mit Erdberührung | 99 |
| 12.3 Zweipoliger Kurzschlussstrom ohne Erdberührung | 100 |
| 12.4 Einpoliger Erdkurzschluss | 102 |
| 12.5 Stoßkurzschlussstrom i_p | 104 |
| 12.6 Ausschaltwechselstrom I_b | 107 |
| 12.7 Dauerkurzschlussstrom I_k | 110 |
| 13 Kurzschlüsse in unvermaschten Netzen | 113 |
| 14 Kurzschlüsse in vermaschten Netzen | 114 |
| 15 Berücksichtigung von Motoren in DS-Netzen | 115 |
| 15.1 Kurzschluss an den Klemmen eines Asynchronmotors | 115 |
| 15.2 Motorengruppen eingespeist über Zweiwicklungs- Transformatoren | 117 |
| 15.3 Motorengruppen, eingespeist über Transformatoren mit verschie- denen Nennspannungen | 118 |
| 16 Mechanische und thermische Kurzschluss- stromfestigkeit | 120 |
| 16.1 Mechanische Kurzschlussstromfestigkeit | 120 |
| 16.2 Thermische Kurzschlussstromfestigkeit | 123 |
| 16.3 Kurzschlussstrom-Begrenzung | 127 |

| | |
|---|------------|
| 17 Berechnungsgrößen für die Kurzschlussfestigkeit | 134 |
| 17.1 Kurzschlussfestigkeit der MS-Schaltanlagen | 134 |
| 17.2 Kurzschlussfestigkeit der NS-Schaltanlagen | 135 |
| 18 Überstrom-Schutzeinrichtungen | 137 |
| 18.1 Sicherungen | 138 |
| 18.2 Leitungsschutzschalter (MCB) | 144 |
| 18.3 Leistungsschalter (MCCB) | 146 |
| 19 Kurzschluss auf der NS-Seite eines Transformators | 150 |
| 20 Kurzschlussströme in Gleichstromanlagen | 157 |
| 20.1 Widerstände von Leitungsabschnitten | 160 |
| 20.2 Stromrichter | 161 |
| 20.3 Batterien | 162 |
| 20.4 Kondensatoren | 163 |
| 20.5 Gleichstrommotoren | 164 |
| 21 Lastflussberechnung | 166 |
| 22 Berechnungs-Programme | 170 |
| 22.1 NEPLAN-Planungs- und Informationssystem | 170 |
| 22.1.1 Kurzschlussstromberechnung | 170 |
| 22.1.2 Lastflussberechnung | 171 |
| 22.1.3 Oberschwingungsanalyse | 172 |
| 22.1.4 Selektivitätsanalyse | 173 |
| 22.1.5 Selektivitätsdiagramm | 173 |
| 22.1.6 Motorhochlauf-Simulation | 173 |
| 22.1.7 Spannungsfallberechnung | 174 |
| 23 SIMARIS design: | |
| Dimensionierung von Energieverteilungs- und Sicherheitsanlagen | 175 |
| 24 Beispiele: Berechnung der Kurzschlussströme | 178 |
| 24.1 Beispiel 1: Nachweis der Schutzmaßnahmen | 178 |
| 24.2 Beispiel 2: Hausanschlusskasten (HAK) | 181 |
| 24.3 Beispiel 3: Parallelschaltung von Transformatoren | 182 |
| 24.4 Beispiel 4: Anschluss eines Motors | 184 |
| 24.5 Beispiel 5: Berechnung eines Abgangs | 185 |
| 24.6 Beispiel 6: Berechnung einer Industrieanlage | 188 |
| 24.7 Beispiel 7: Berechnung des dreipoligen Kurzschlussstroms | 189 |
| 24.8 Beispiel 8: Vermaschtes Netz | 191 |
| 24.9 Beispiel 9: Versorgung einer Fabrik | 195 |
| 24.10 Beispiel 10: Berechnung mit Impedanzkorrekturen | 197 |
| 24.11 Beispiel 11: Berechnung mit Impedanzkorrekturen | 200 |
| 24.12 Beispiel 12: Anschluss eines Transformators über ein Fremdnetz | 202 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 24.13 | Beispiel 13: Parallelschaltung von Motoren | 204 |
| 24.14 | Beispiel 14: Nachweis der Kurzschlussfestigkeit von NS-Anlagen | 206 |
| 24.15 | Beispiel 15: Kurzschlussfestigkeit von HS- und MS-Anlagen . . . | 208 |
| 24.16 | Beispiel 16: Berechnung mit p.u.-Größen | 220 |
| 25 | Programme zur Berechnung von Kurzschlussströmen | 222 |