

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Allgemeines.....	6
1.1 Anwendungsbereich.....	6
1.2 Normative Verweisungen	7
1.3 Begriffe.....	7
1.4 Formelzeichen, Indizes und hochgestellte Zeichen	11
1.4.1 Formelzeichen	11
1.4.2 Indizes.....	13
1.4.3 Hochgestellte Zeichen	14
2 Eigenschaften von Kurzschlussströmen: Berechnungsmethode.....	14
2.1 Allgemeines.....	14
2.2 Voraussetzungen für die Berechnung.....	16
2.3 Methode der Berechnung.....	17
2.3.1 Ersatzspannungsquelle an der Kurzschlussstelle.....	17
2.3.2 Anwendung der symmetrischen Komponenten	19
2.4 Größte Kurzschlussströme	21
2.5 Kleinste Kurzschlussströme	21
3 Kurzschlussimpedanzen elektrischer Betriebsmittel.....	22
3.1 Allgemeines.....	22
3.2 Netzeinspeisungen.....	22
3.3 Transformatoren	24
3.3.1 Zweiwicklungstransformatoren	24
3.3.2 Dreiwicklungstransformatoren	24
3.3.3 Impedanzkorrekturfaktoren für Zwei- und Dreiwicklungsnetztransformatoren	26
3.4 Freileitungen und Kabel	27
3.5 Kurzschlussstrom-Begrenzungsdrosselspulen	28
3.6 Synchronmaschinen.....	28
3.6.1 Synchrongeneratoren.....	28
3.6.2 Synchronphasenschieber und -motoren.....	30
3.7 Kraftwerksblöcke.....	30
3.7.1 Kraftwerksblöcke mit Stufenschaltern.....	30
3.7.2 Kraftwerksblöcke ohne Stufenschalter	31
3.8 Asynchronmotoren	32
3.8.1 Allgemeines	32
3.8.2 Beitrag von Asynchronmotoren zu den Kurzschlussströmen	33
3.9 Statische Umrichter.....	35
3.10 Kondensatoren und nichtrotierende Lasten	35

	Seite
4 Berechnung der Kurzschlussströme	35
4.1 Allgemeines	35
4.2 Anfangs-Kurzschlusswechselstrom I_k''	38
4.2.1 Dreipoliger Kurzschluss.....	38
4.2.2 Zweipoliger Kurzschluss.....	43
4.2.3 Zweipoliger Kurzschluss mit Erdberührung.....	45
4.2.4 Einpoliger Erdkurzschluss	45
4.3 Stoßkurzschlussstrom i_p	46
4.3.1 Dreipoliger Kurzschluss.....	46
4.3.2 Zweipoliger Kurzschluss.....	47
4.3.3 Zweipoliger Kurzschluss mit Erdberührung.....	48
4.3.4 Einpoliger Erdkurzschluss	48
4.4 Gleichstromanteil des Kurzschlussstroms	48
4.5 Symmetrischer Ausschaltwechselstrom I_b	49
4.5.1 Generatorferner Kurzschluss	49
4.5.2 Generatornaher Kurzschluss.....	49
4.6 Dauerkurzschlussstrom I_k	52
4.6.1 Dreipoliger Kurzschluss eines Generators oder eines Kraftwerksblocks.....	52
4.6.2 Dreipoliger Kurzschluss in unvermaschten Netzen.....	55
4.6.3 Dreipoliger Kurzschluss in vermaschten Netzen.....	56
4.6.4 Unsymmetrische Kurzschlüsse	56
4.6.5 Kurzschluss auf der Niederspannungsseite von Transformatoren, wenn ein Leiter auf der Oberspannungsseite unterbrochen ist	56
4.7 Klemmenkurzschluss von Asynchronmotoren	58
4.8 Joule-Integral und thermisch gleichwertiger Kurzschlussstrom	58
Anhang A (normativ) Gleichungen zur Berechnung der Faktoren m und n	62
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	63
Bild 1 – Kurzschlussstrom für generatorfernen Kurzschluss mit konstantem Wechselstromanteil (schematischer Verlauf)	15
Bild 2 – Kurzschlussstrom für generatornahen Kurzschluss mit abklingendem Wechselstromanteil (schematischer Verlauf)	16
Bild 3 – Beschreibung der Kurzschlüsse und ihrer Ströme	17
Bild 4 – Beschreibung zur Berechnung des Anfangs-Kurzschlusswechselstroms I_k'' mit dem Verfahren der Ersatzspannungsquelle	18
Bild 5 – Kurzschlussimpedanzen eines Drehstromnetzes an der Kurzschlussstelle F	20
Bild 6 – Netzschaltplan und Ersatzschaltplan für Netzeinspeisungen	23
Bild 7 – Dreiwicklungstransformator (Beispiel)	25
Bild 8 – Zeigerdiagramm eines Synchrongenerators bei Bemessungsbetrieb.....	29

Bild 9 – Beispiel für die Abschätzung des Beitrags von Asynchronmotoren im Verhältnis zum gesamten Kurzschlussstrom	34
Bild 10 – Diagramm zur Bestimmung der Kurzschlussart (Bild 3) mit dem höchsten Kurzschlusswechselstrom, bezogen auf den dreipoligen Kurzschlusswechselstrom an der Kurzschlussstelle, wenn die Impedanzwinkel der Impedanzen $\underline{Z}_{(1)}$, $\underline{Z}_{(2)}$, $\underline{Z}_{(0)}$ gleich sind	37
Bild 11 – Beispiele für einfach gespeiste Kurzschlüsse	39
Bild 12 – Beispiel für ein unvermaschtes Netz	40
Bild 13 – Kurzschlussströme und Teilkurzschlussströme für dreipolige Kurzschlüsse zwischen Generator und Blocktransformator mit oder ohne Stufenschalter oder auf der Verbindung zum Eigenbedarfstransformator eines Kraftwerksblocks und auf der Sammelschiene A des Eigenbedarfs	41
Bild 14 – Beispiel eines vermaschten Netzes mit mehreren Quellen	44
Bild 15 – Faktor κ bei Reihenschaltung als Funktion des Verhältnisses R/X oder X/R	46
Bild 16 – Faktor μ zur Berechnung des Ausschaltwechselstroms I_b	50
Bild 17 – Faktor q zur Berechnung des Ausschaltwechselstroms von Asynchronmotoren	51
Bild 18 – Faktoren λ_{\min} und λ_{\max} für Turbogeneratoren	54
Bild 19 – Faktoren λ_{\min} und λ_{\max} für Schenkelpolgeneratoren	54
Bild 20 – Kurzschlussströme auf der Nieder- und Oberspannungsseite eines Transformators Dyn5, wenn ein Leiter (Sicherung) auf der Oberspannungsseite unterbrochen ist	56
Bild 21 – Faktor m für den Wärmeeffekt des Gleichstromanteils des Kurzschlussstroms (die Gleichung für m ist zum Zwecke der Programmierung im Anhang A angegeben)	60
Bild 22 – Faktor n für den Wärmeeffekt des Wechselstromanteils des Kurzschlussstroms (die Gleichung für n ist zum Zwecke der Programmierung im Anhang A angegeben)	60
Tabelle 1 – Spannungsfaktor c	19
Tabelle 2 – Faktoren α und β zur Berechnung der Kurzschlussströme nach Gleichung (90) Bemessungsübersetzungsverhältnis $t_T = U_{fTHV} / U_{fTLV}$	57
Tabelle 3 – Berechnung der Kurzschlussströme von Asynchronmotoren bei Klemmenkurzschluss (siehe 4.7)	58