

Deutsche Fassung

**Kurzschlussströme in Drehstromnetzen –
Teil 3: Ströme bei Doppelerdkurzschluss und Teilkurzschlussströme über Erde**

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Formelzeichen	7
5 Berechnung der Ströme bei Doppelerdkurzschluss	9
5.1 Anfangs-Kurzschlusswechselstrom.....	9
5.2 Stoßkurzschlussstrom, Ausschaltwechselstrom und Dauerkurzschlussstrom	11
5.3 Verteilung der über Erde fließenden Ströme bei Doppelerdkurzschluss	11
6 Berechnung der Teilkurzschlussströme über Erde bei unsymmetrischen Kurzschlüssen.....	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Erdkurzschluss innerhalb einer Station	12
6.3 Erdkurzschluss weit außerhalb einer Station	13
6.4 Erdkurzschluss in der Nähe einer Station	15
7 Reduktionsfaktor für Freileitungen mit Erdseilen.....	16
8 Berechnung der Stromverteilung und des Reduktionsfaktors bei Kabeln mit beidseitig geerdeten, metallischen Mänteln oder Schirmen	18
8.1 Dreileiterkabel.....	18
8.2 Drei Einleiterkabel	23
Anhang A (informativ) Beispiel zur Berechnung eines Doppelerdkurzschlussstromes.....	27
A.1 Daten	27
A.2 Berechnungen	28
Anhang B (informativ) Beispiele zur Berechnung von Teilkurzschlussströmen über Erde	29
B.1 Daten	29
B.2 Erdkurzschluss innerhalb einer Anlage	30
B.3 Erdkurzschluss außerhalb einer Anlage.....	32
B.4 Erdkurzschluss in der Nähe einer Station	34
Anhang C (informativ) Beispiel für die Berechnung des Reduktionsfaktors r_1 und die Stromverteilung durch Erde bei einem Dreileiterkabel.....	38
C.1 Erdkurzschluss am Ende des Kabels.....	38
C.1.1 Daten	38
C.1.2 Impedanzbeläge des Kabels.....	38
C.1.3 Kurzschlussströme.....	39
C.1.4 Reduktionsfaktor, Strom im Schirm und Strom durch die Erde.....	39
C.2 Erdkurzschluss auf dem Kabel zwischen den Stationen A und B.....	41

	Seite
C.2.1 Anordnung und Daten.....	41
C.2.2 Berechnungsergebnisse	41
Anhang D (informativ) Beispiel für die Berechnung des Reduktionsfaktors r_3 und die Stromverteilung durch Erde bei drei Einleiterkabeln	43
D.1 Erdkurzschluss am Ende des Kabels	43
D.1.1 Daten	43
D.1.2 Kabelimpedanzbeläge	43
D.1.3 Kurzschlussströme.....	44
D.1.4 Reduktionsfaktor und Stromverteilung.....	45
D.2 Erdkurzschluss auf einem der drei Einleiterkabel zwischen den Stationen A und B	46
D.2.1 Anordnung und Daten.....	46
D.2.2 Kurzschlussströme.....	47
D.2.3 Stromverteilung im Falle $R_{EF} \rightarrow \infty$	47
D.2.4 Stromverteilung im Falle $R_{EF} = 5 \Omega$	48
 Bild 1 – Eingangsimpedanz Z_P einer unendlich langen Kette, zusammengesetzt aus der Erdseilimpedanz $Z_Q = Z'_Q d_T$ und dem Ausbreitungswiderstand R_T der Masten mit gleichem Abstand d_T zwischen den Masten	 6
Bild 2 – Eingangsimpedanz Z_{Pn} einer endlichen Kette von n Masten, zusammengesetzt aus der Erdseilimpedanz $Z_Q = Z'_Q d_T$, dem Ausbreitungswiderstand R_T der Masten mit gleichem Abstand d_T zwischen den Masten und der Erdungsimpedanz Z_{EB} einer Anlage B nach Gleichung (29)	7
Bild 3 – Darstellung des Doppelerdkurzschlusses und der Ströme I''_{kEE}	9
Bild 4 – Teilkurzschlussströme bei einem Erdkurzschluss innerhalb der Station B	12
Bild 5 – Teilkurzschlussströme bei Erdkurzschluss an einem Freileitungsmast T	13
Bild 6 – Verteilung des Erdersummenstromes I_{ETtot}	14
Bild 7 – Teilkurzschlussströme bei Erdkurzschluss an einem Mast n einer Freileitung in der Nähe der Anlage B	15
Bild 8 – Reduktionsfaktor r für Freileitungen mit nichtmagnetischen Erdseilen abhängig vom spezifischen Erdwiderstand ρ	18
Bild 9 – Reduktionsfaktor von Dreileiterkabeln	20
Bild 10 – Reduktionsfaktor für drei Einleiter-Energiekabel	24
Bild A.1 – Doppelerdkurzschluss auf einer einfach gespeisten Stichleitung nach Tabelle 1	27
Bild B.1 – Erdkurzschluss innerhalb der Anlage B. Netzschaltplan mit den Anlagen A, B und C	30
Bild B.2 – Erdkurzschluss innerhalb der Anlage B. Mit-, Gegen- und Nullsystem mit Verbindungen an der Kurzschlussstelle F innerhalb der Anlage B.....	30
Bild B.3 – Erdkurzschluss außerhalb der Anlagen A, B und C am Mast T einer Freileitung – Netzschaltplan mit den Anlagen A, B und C.....	32
Bild B.4 – Erdkurzschluss außerhalb der Anlagen A, B und C am Mast T einer Freileitung – Mit-, Gegen- und Nullsystem mit Verbindungen an der Kurzschlussstelle F	32

Bild B.5 – Erderspannungen $u_{ETn} = U_{Etn}/U_{ET}$ mit $U_{ET} = 1,912$ kV und $u_{EBn} = U_{Ebn}/U_{EB}$ mit $U_{EB} = 0,972$ kV, wenn der Erdkurzschluss an den Masten $n = 1, 2, 3, \dots$ in der Nähe der Station B auftritt.....	37
Bild C.1 – Beispiel für die Berechnung des Kabelreduktionsfaktors und der Stromverteilung durch Erde in einem 10-kV-Netz, $U_n = 10$ kV; $c = 1,1$; $f = 50$ Hz.....	39
Bild C.2 – Kurzschlussströme und Teilkurzschlussströme im Schirm und durch Erde für das Beispiel im Bild C.1	40
Bild C.3 – Beispiel für die Berechnung der Stromverteilung in einem 10-kV-Netz mit einem Kurzschluss auf dem Kabel zwischen A und B. Daten nach C.1.1 und Bild C.1	41
Bild C.4 – Erdkurzschlussströme, Teilkurzschlussströme im Schirm und Teilkurzschlussströme durch Erde	42
Bild D.1 – Beispiel für die Berechnung des Reduktionsfaktors und der Stromverteilung bei drei Einleiterkabeln und einem Erdkurzschluss in der Station B.....	44
Bild D.2 – Mit-, Gegen- und Nullsystem des Netzes im Bild D.1 mit Verbindungen an der Kurzschlussstelle (Station B).....	44
Bild D.3 – Stromverteilung für das Netz nach Bild D.1, abhängig von der Länge ℓ der Einleiterkabel zwischen den Stationen A und B.....	46
Bild D.4 – Beispiel für die Berechnung des Reduktionsfaktors r_3 und die Stromverteilung bei drei Einleiterkabeln und einem Erdkurzschluss zwischen den Stationen A und B	46
Bild D.5 – Mit-, Gegen- und Nullsystem des Netzes im Bild D.4 mit Verbindungen an der Kurzschlussstelle (irgendwo zwischen den Stationen A und B).....	47
Bild D.6 – Stromverteilung für das Kabel im Bild D.4 abhängig von ℓ_A , $R_{EF} = \infty$	48
Bild D.7 – Stromverteilung für das Kabel im Bild D.4 abhängig von ℓ_A ; $R_{EF} = 5 \Omega$	50
Tabelle 1 – Berechnung des Anfangs-Kurzschlusswechselstromes in einfachen Fällen	10
Tabelle 2 – Spezifischer Erdwiderstand und Erdstromtiefe.....	17
Tabelle C.1 – Ergebnisse für das Beispiel im Bild C.1	40
Tabelle C.2 – Ergebnisse für das Beispiel im Bild C.3, $\ell = 5$ km	42
Tabelle C.3 – Ergebnisse für das Beispiel im Bild C.3, $\ell = 10$ km	42