

	DIN EN 60909-3 (VDE 0102 Teil 3)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 17.220.01 Ersatz für DIN IEC 60909-3 (VDE 0102 Teil 3):1997-06 Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit Kurzschlussströme in Drehstromnetzen — Teil 3: Ströme bei Doppelerdkurzschluss und Teilkurzschlussströme über Erde (IEC 60909-3:2003); Deutsche Fassung EN 60909-3:2003 Short-circuit currents in three-phase a. c. systems — Part 3: Currents during two separate simultaneous line-to-earth short circuits and partial short-circuit currents flowing through earth (IEC 60909-3:2003); German version EN 60909-3:2003 Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif — Partie 3: Courants durant deux court-circuits monophasés simultanés séparés à la terre et courants de court-circuit partiels s'écoulant à travers la terre (CEI 60909-3:2003); Version allemande EN 60909-3:2003 Gesamtumfang 37 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE		

Beginn der Gültigkeit

Die EN 60909-3 wurde am 2003-11-01 angenommen.

Daneben darf **DIN IEC 60909-3 (VDE 0102 Teil 3):1997-06** noch bis 2006-11-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60909-3 (VDE 0102 Teil 3):2002-03.

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium UK 121.1 „Kurzschluss-Strom-Berechnung“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 73 „Short-circuit currents“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2008 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Änderungen

Gegenüber **DIN IEC 60909-3 (VDE 0102 Teil 3):1997-06** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Neu in die Betrachtungen einbezogen wird der Erdkurzschluss in der Nähe einer Anlage. Das Beispiel wird dementsprechend angepasst.
- b) Weiterhin erfolgen formale Anpassungen, die aus IEC 60909-0 resultieren.

Frühere Ausgaben

DIN IEC 60909-3 (VDE 0102 Teil 3):1997-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60909-0:2001	IEC 60909-0:2001	DIN EN 60909-0:2002-07	VDE 0102

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60909-0:2002-07 (VDE 0102), Kurzschlussströme in Drehstromnetzen – Teil 0: Berechnung der Ströme (IEC 60909-0:2001); Deutsche Fassung EN 60909-0:2001.

– Leerseite –

Kurzschlussströme in Drehstromnetzen
Teil 3: Ströme bei Doppelerdkurzschluss und Teilkurzschlussströme über Erde
(IEC 60909-3:2003)

Short-circuit currents in three-phase a. c. systems — Part 3: Currents during two separate simultaneous line-to-earth short circuits and partial short-circuit currents flowing through earth
(IEC 60909-3:2003)

Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif — Partie 3: Courants durant deux court-circuits monophasés simultanés séparés à la terre et courants de court-circuit partiels s'écoulant à travers la terre
(CEI 60909-3:2003)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2003-11-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 73/127/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60909-3, ausgearbeitet von dem IEC/TC 73 „Short-circuit currents“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2003-11-01 als EN 60909-3 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2004-08-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2006-11-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm ist Anhang ZA normativ und sind die Anhänge A und B informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60909-3:2003 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Formelzeichen	8
5 Ströme bei Doppelerdkurzschluss	9
5.1 Berechnungsverfahren	9
5.1.1 Anfangs-Kurzschlusswechselstrom	9
5.1.2 Stoßkurzschlussstrom, Ausschaltwechselstrom und Dauerkurzschlussstrom	11
5.1.3 Verteilung der über Erde fließenden Ströme bei Doppelerdkurzschluss	12
6 Teilkurzschlussströme über Erde bei unsymmetrischen Kurzschlüssen	12
6.1 Berechnungsverfahren	12
6.1.1 Allgemeines	12
6.1.2 Erdkurzschluss innerhalb einer Anlage	12
6.1.3 Erdkurzschluss weit außerhalb einer Anlage	14
6.1.4 Erdkurzschluss in der Nähe einer Anlage	16
6.1.5 Reduktionsfaktor für Freileitungen und Kabel	17
Anhang A (informativ) Beispiel zur Berechnung eines Doppelerdkurzschlussstromes	21
A.1 Daten	21
A.2 Berechnungen	22
Anhang B (informativ) Beispiele zur Berechnung von Teilkurzschlussströmen über Erde	23
B.1 Daten	23
B.2 Erdkurzschluss innerhalb einer Anlage	24
B.3 Erdkurzschluss weit außerhalb einer Anlage	26
B.4 Erdkurzschluss in der Nähe einer Anlage	29
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	33
Bilder	
Bild 1 – Eingangsimpedanz Z_P einer unendlich langen Kette, zusammengesetzt aus der Erdseilimpedanz $Z_W = Z'_W \cdot d_T$ und dem Ausbreitungswiderstand R_T der Masten mit gleichem Abstand d_T zwischen den Masten	7
Bild 2 – Eingangsimpedanz Z_{Pn} einer endlichen Kette von n Masten, zusammengesetzt aus der Erdseilimpedanz $Z_W = Z'_W \cdot d_T$, dem Ausbreitungswiderstand R_T der Masten mit gleichem Abstand d_T zwischen den Masten und der Erdungsimpedanz Z_{EB} (Gleichung (28)) einer Anlage B	8
Bild 3 – Darstellung des Doppelerdkurzschlusses und der Ströme I''_{KEE}	10
Bild 4 – Teilkurzschlussströme bei einem Erdkurzschluss innerhalb der Anlage B	13
Bild 5 – Teilkurzschlussströme bei Erdkurzschluss an einem Freileitungsmast T	15
Bild 6 – Verteilung des Gesamterdungsstromes I_{Etot}	15

Bild 7 – Teilkurzschlussströme bei Erdkurzschluss an einem Mast n einer Freileitung in der Nähe der Anlage B	16
Bild 8 – Betrag des Reduktionsfaktors r bei nichtmagnetischen Erdseilen abhängig vom spezifischen Erdwiderstand ρ	20
Bild A.1 – Doppelerdkurzschluss auf einer einfach gespeisten Stichleitung nach Tabelle 1	21
Bild B.1 – Erdkurzschluss innerhalb der Anlage B. Netzschaltplan mit den Anlagen A, B und C	24
Bild B.2 – Erdkurzschluss innerhalb der Anlage B. Mit-, Gegen- und Nullsystem mit Verbindungen an der Kurzschlussstelle F innerhalb der Anlage B.....	24
Bild B.3 – Erdkurzschluss außerhalb der Anlagen A, B und C am Mast T einer Freileitung. Netzschaltplan mit den Anlagen A, B und C.....	26
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	27
Bild B.5 – Erderspannungen $u_{Etn} = U_{ETn}/U_{ET}$ mit $U_{ET} = 1,912 \text{ kV}$ und $u_{Ebn} = U_{EBn}/U_{EB}$ mit $U_{EB} = 0,972 \text{ kV}$, wenn der Erdkurzschluss am Mast $n = 1, 2, 3, \dots$ in der Nähe der Anlage B nach 6.1.4 auftritt (siehe das Beispiel für $n = 10$ in B.4)	32
Tabellen	
Tabelle 1 – Berechnung des Anfang-Kurzschlusswechselstromes in einfachen Fällen.....	11
Tabelle 2 – Spezifischer Erdwiderstand ρ und Erdstromtiefe δ für unterschiedliche Bodenarten	18

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 60909 beschreibt Verfahren zur Berechnung der zu erwartenden Kurzschlussströme bei unsymmetrischen Kurzschlüssen in Hochspannungs-Drehstromnetzen mit der Nennfrequenz 50 Hz oder 60 Hz, das sind

- a) Doppelerdkurzschlussströme in Netzen mit isoliertem Sternpunkt oder mit Erdschlusskompensation,
- b) Teilkurzschlussströme über Erde bei einpoligem Erdkurzschluss in Netzen mit starrer oder niederohmiger Sternpunktterdung.

Die mit diesem Verfahren berechneten Ströme sind zur Bestimmung der induzierten Spannungen oder der Berührungs- oder Schrittspannungen und des Anstiegs des Erdpotentials in einer Station (Kraftwerksanlage oder Unterstation) zu verwenden.

Diese Norm gilt nicht für:

- a) Kurzschlussströme, die unter kontrollierten Bedingungen erzeugt werden, wie sie in Prüffeldern herrschen, oder
- b) Kurzschlussströme in elektrischen Einrichtungen von Schiffen oder Flugzeugen oder
- c) einpolige Leiter-Erde-Fehler in Netzen mit isoliertem Sternpunkt oder Erdschlusskompensation.

Ziel dieser Norm ist es, praktische und kurze Verfahren einzuführen zur Berechnung der Ströme bei Doppelerdkurzschluss und der Teilkurzschlussströme über Erde in elektrischen Anlagen, die mit genügender Genauigkeit zu Ergebnissen auf der sicheren Seite führen. Zu diesem Zweck wird der Strom mit einer Ersatzspannungsquelle an der Kurzschlussstelle berechnet, während alle anderen Spannungsquellen zu null gesetzt werden. Das Verfahren ist anwendbar bei einer Berechnung mit manuellen Methoden oder Digitalprogrammen.

Diese Norm ist eine Ergänzung zu IEC 60909-0. Die allgemeinen Begriffe, Formelzeichen und Annahmen zur Berechnung beziehen sich auf diese Publikation. Nur spezielle Begriffe werden in diesem Dokument definiert und näher erklärt. Dies schließt nicht die Anwendung spezieller Verfahren aus, zum Beispiel des an besondere Gegebenheiten angepassten Überlagerungsverfahrens, wenn mindestens die gleiche Genauigkeit erreicht wird.

Wie in IEC 60909-0 festgelegt, dürfen Kurzschlussströme und ihre Parameter auch durch Versuche im Netz bestimmt werden.

Die Berechnung der Kurzschlussparameter aus den Bemessungsdaten der elektrischen Betriebsmittel und der Netztopologie hat den Vorteil, dass sie sowohl für bereits existierende Netze als auch für Netze im Planungsstadium durchgeführt werden kann.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die zitierte Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60909-0:2001, *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.^{N1)}

^{N1)} Nationale Fußnote: Die englischsprachigen Begriffe werden in Klammern angegeben.

3.1

Doppelerdkurzschluss (Two separate simultaneous line-to-earth short circuits)

gleichzeitig an verschiedenen Stellen in unterschiedlichen Leitern auftretende Erdschlüsse eines Drehstromnetzes mit Erdschlusskompensation oder isoliertem Sternpunkt

3.2

Anfangs-Kurzschlusswechselstrom bei Doppelerdkurzschluss I''_{kEE} (Initial short-circuit currents during two separate simultaneous line-to-earth short circuits I''_{kEE})

Effektivwert des Anfangs-Kurzschlusswechselstromes, der in gleicher Höhe an beiden Stellen im Augenblick des Eintritts des Doppelerdkurzschlusses fließt

3.3

Erdersummenstrom I_{Etot} **an der Kurzschlussstelle** (Total earth current I_{Etot} at the short-circuit location)

Effektivwert des Summenstromes, der über das Erdungssystem einer Anlage (Kraftwerksanlage oder Unterstation) oder den Ausbreitungswiderstand eines Freileitungsmastes weit außerhalb einer Anlage und über geerdete Leiter nach Erde fließt (Bilder 4 und 5). Solche Leiter können Erdseile von Freileitungen oder Mäntel, Schirme oder Bewehrungen von Kabeln sein.

3.4

Erderstrom I_{ETn} (Earth current I_{ETn})

Effektivwert des Erderstromes, der zum Erdpotential an einem Freileitungsmast n in der Nähe einer Anlage führt

3.5

Erderstrom I_{EBn} (Earth current I_{EBn})

Effektivwert des Erderstromes, der zum Erdpotential U_{EBn} einer Anlage B im Falle eines Erdkurzschlusses an einem Freileitungsmast n in der Nähe der Anlage B führt

3.6

Teilkurzschlussstrom über Erde $r3I_{(0)}$ (Partial short-circuit current through earth $r3I_{(0)}$)

Größe des über Erde fließenden Anteils am Gesamtstrom weit entfernt von der Kurzschlussstelle und dem Erdungssystem einer Anlage, dort wo die Aufteilung des Gesamtstromes zwischen geerdeten Leitern und Erde nahezu konstant ist. Seine Größe hängt vom Reduktionsfaktor r ab.

3.7

Reduktionsfaktor r (Reduction factor r)

Faktor, der den Teil des Nullstromes bestimmt, der in größerer Entfernung von der Kurzschlussstelle und dem Erdungssystem einer Anlage über Erde fließt

3.8

Eingangsimpedanz Z_P **einer unendlich langen Kette** (Driving point impedance Z_P of an infinite chain)

Im Falle einer Freileitung setzt sich die Eingangsimpedanz nach Bild 1 aus der Erdseilimpedanz $Z_W = Z'_W \cdot d_T$ zwischen zwei Masten mit Rückleitung über Erde und dem Ausbreitungswiderstand R_T der Maste zusammen:

$$Z_P = 0,5 \cdot Z_W + \sqrt{(0,5 \cdot Z_W)^2 + Z_W R_T} \quad (1)$$

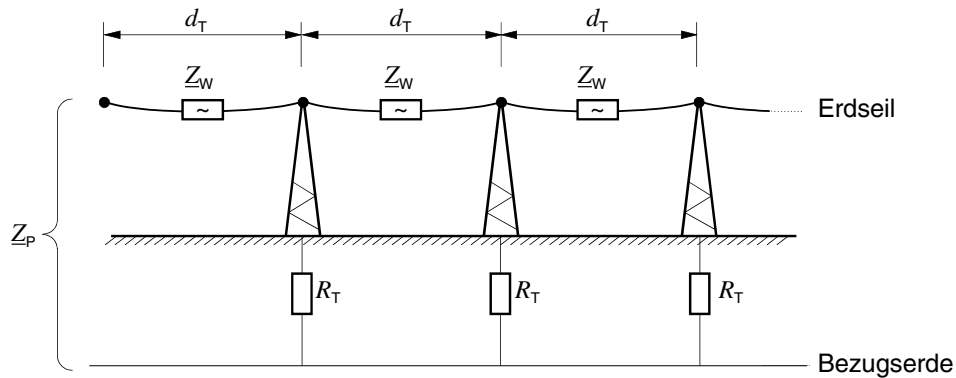


Bild 1 – Eingangsimpedanz $\underline{Z}_P$ einer unendlich langen Kette, zusammengesetzt aus der Erdseilimpedanz $\underline{Z}_W = \underline{Z}'_W \cdot d_T$ und dem Ausbreitungswiderstand R_T der Masten mit gleichem Abstand d_T zwischen den Masten

Die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_P$ kann als konstant angenommen werden in einer Entfernung von der Kurzschlussstelle F, die größer ist als der Anlagenfernabstand D_F nach [Gleichung \(18\)](#).

Im Falle von Starkstromkabeln kann eine ähnliche Näherung benutzt werden, dabei sind jedoch spezielle Überlegungen notwendig.

3.9

Eingangsimpedanz $\underline{Z}_{Pn}$ einer endlich langen Kette (Driving point impedance $\underline{Z}_{Pn}$ of a finite chain)

Die Eingangsimpedanz $\underline{Z}_{Pn}$ einer Freileitung, mit n Masten wie im [Bild 2](#) angegeben und mit der Erderimpedanz $\underline{Z}_{EB}$ der Anlage B am Ende, kann nach Gleichung (2) berechnet werden:

$$\underline{Z}_{Pn} = \frac{\underline{Z}_P (\underline{Z}_{EB} + \underline{Z}_P) \cdot \underline{k}^n + [\underline{Z}_P (\underline{Z}_{EB} - \underline{Z}_P + 2 \cdot \underline{Z}_W) - \underline{Z}_W (\underline{Z}_{EB} + \underline{Z}_W)] \cdot \underline{k}^{-n}}{(\underline{Z}_{EB} + \underline{Z}_P) \cdot \underline{k}^n - (\underline{Z}_{EB} - \underline{Z}_P + \underline{Z}_W) \cdot \underline{k}^{-n}} \quad (2)$$

mit

$$\underline{k} = 1 + \underline{Z}_W \left(\frac{1}{R_T} + \frac{1}{\underline{Z}_P} \right) \quad (3)$$

ANMERKUNG Bei $n \rightarrow \infty$ führt Gleichung (2) auf [Gleichung \(1\)](#). In praktischen Fällen trifft dies bereits bei $n \approx 10 \dots 15$ zu.

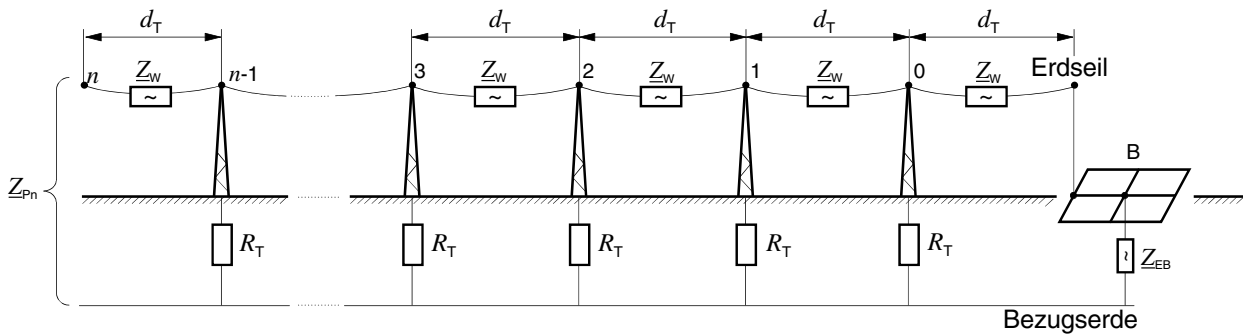


Bild 2 – Eingangsimpedanz Z_{Pn} einer endlichen Kette von n Masten, zusammengesetzt aus der Erdseilimpedanz $Z_W = Z'_W \cdot d_T$, dem Ausbreitungswiderstand R_T der Masten mit gleichem Abstand d_T zwischen den Masten und der Erdungsimpedanz Z_{EB} (Gleichung (28)) einer Anlage B

4 Formelzeichen

Alle Gleichungen sind Größengleichungen, wobei die Formelzeichen physikalische Größen repräsentieren, die sowohl einen Zahlenwert als auch eine Einheit haben. Formelzeichen für komplexe Größen sind unterstrichen, z. B. $\underline{Z} = R + jX$.

c	Spannungsfaktor nach Tabelle 1 von IEC 60909-0
$cU_n/\sqrt{3}$	Ersatzspannungsquelle, siehe IEC 60909-0
D_F	Anlagenfernabstand
d_T	Abstand zwischen den Masten
I_{bEE}	Ausschaltwechselstrom bei Doppelerdkurzschluss
I_{Etot}	Erdersummenstrom an der Kurzschlussstelle
I_{ETn}	Erderstrom am kurzschlussbetroffenen Mast in der Nähe einer Anlage
I_{k1}''	Anfangs-Kurzschlusswechselstrom bei Erdkurzschluss
I_{kEE}''	Anfangs-Kurzschlusswechselstrom bei Doppelerdkurzschluss
I_{kE2E}''	Anfangs-Kurzschlusswechselstrom, der bei einem zweipoligen Kurzschluss mit Erdberührung über Erde fließt, siehe IEC 60909-0
I_W	Erdseilstrom
i_{pEE}	Stoßkurzschlussstrom bei Doppelerdkurzschluss
I_T	Teil-Kurzschlussstrom durch einen Mast
$\underline{M}_{(1)}, \underline{M}_{(2)}$	Koppelimpedanz im Mit- und Gegensystem
R_E	Widerstand eines Maschenerders
R_T	Mastausbreitungswiderstand
r	Reduktionsfaktor