

	DIN VDE 0845-6-2 (VDE 0845-6-2)	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 33.040.01

Einsprüche bis 2010-06-30

Ersatz für
E DIN EN 50352
(VDE 0845-6-2):2001-05
Vorgesehen als Ersatz für
DIN VDE 0228-2
(VDE 0228-2):1987-12

Entwurf

Maßnahmen bei Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen durch Starkstromanlagen – Teil 2: Beeinflussung durch Drehstromanlagen

Electromagnetic influence of electric power supply on telecommunication systems – Part 2: Influence by three phase ac systems

Influence (électromagnétique) des réseaux d'énergie sur les réseaux de télécommunication – Partie 2: Influence (électromagnétique) par systèmes ac

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-02-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

– vorzugsweise als Datei per E-Mail an **dke@vde.com** in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter **www.dke.de/stellungnahme** abgerufen werden

– oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 55 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
Nationaler Anhang NA.....	5
Nationaler Anhang NB.....	7
1 Anwendungsbereich.....	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	10
3.1 Allgemeine Begriffe der Beeinflussung	10
3.2 Begriffe der Drehstromanlage	10
4 Grenzwerte für Spannungen und Ströme bei Beeinflussungen.....	11
4.1 Grenzwerte für Personengefährdung und Sachschäden.....	11
4.2 Notwendigkeit der Prüfung auf Einhaltung der Grenzwerte für Beeinflussungsspannungen und -ströme.....	12
5 Maßnahmen gegen Beeinflussungen	15
5.1 Allgemeines.....	15
5.2 Vorsorgliche Maßnahmen an Drehstromanlagen	15
5.3 Maßnahmen an Telekommunikationsanlagen	15
6 Berechnungsverfahren für Beeinflussungen durch Drehstromanlagen	17
6.1 Berechnungsformeln	17
6.2 Einflussgrößen	22
6.3 Berechnungen.....	30
7 Messverfahren.....	34
8 Elektrische und magnetische Felder in der Umgebung von Drehstromanlagen	34
8.1 Berechnungsverfahren.....	34
8.2 Freileitungen.....	35
8.3 Kabel	41
8.4 Schalt- und Umspannanlagen.....	44
8.5 Schirmwirkungen.....	49
Anhang A (informativ) Löschfähigkeit von Erdschlüssen	53
A.1 Erdschlusslöschung in vermaschten Netzen	54
A.2 Erdschlusslöschung in weitläufigen Strahlennetzen oder Netzen mit langen Stichleitungen.....	54
Literaturhinweise	55
Bilder	
Bild 1 – Obergrenzen für Erdschlussreststrom bzw. Erdschlussstrom	14
Bild 2 – Abstände zwischen den Leitern eines Drehstromsystems und einem Telekommunikationskabel.....	19

	Seite
Bild 3 – Abstände zwischen den Leitern eines Drehstromsystems und einem Telekommunikationskabel, Sonderfall	19
Bild 4 – Anordnung eines beeinflussten Linienleiters bei kapazitiver Kopplung mit einer Hochspannungsfreileitung	22
Bild 5 – Induzierender Strom $3 I_0$ bei einer Doppelfreileitung, deren Systeme zum gleichen Netz gehören	22
Bild 6 – Beispiel für Nullströme und Erdkurzschlussstrom bei Sternpunktterdung nur auf einer Seite der Erdkurzschlussstelle	23
Bild 7 – Beispiel für Nullströme und Erdkurzschlussstrom bei Sternpunktterdung beiderseits der Erdkurzschlussstelle	23
Bild 8 – Abhängigkeit des induzierenden Kurzschlussstroms $3 I_0$ vom Ort des Kurzschlusses	24
Bild 9 – Stromverlauf bei Doppelerdschluss im Fall $3 I_0 = I_{KEE}$ in einem Netz mit isoliertem Sternpunkt oder mit Erdschlusskompensation	24
Bild 10 – Teilerdkkurzschlussstrom I_E in der Anlage A bei Erdkurzschluss in der Anlage A	25
Bild 11 – Teilerdkkurzschlussstrom I_E in der Anlage A bei Erdkurzschluss außerhalb der Anlage an einem Freileitungsmast in Richtung B	26
Bild 12 – Näherung zwischen einer Drehstromleitung und einer Telekommunikationsleitung	31
Bild 13 – Einführung eines Telekommunikationskabels in das Kraft- oder Umspannwerk A	33
Bild 14 – Abhängigkeit der elektrischen Feldstärken von der Höhe über dem Erdboden bis zum zulässigen Mindestabstand von 20-kV- bis 380-kV-Drehstromleitungen mit minimalen Bodenabständen in Spannfeldmitte nach der Reihe DIN EN 50341 (VDE 0210), bezogen auf die maximale elektrische Feldstärke in 1 m Höhe über dem Erdboden	37
Bild 15 – Verlauf der maximalen magnetischen Flussdichte je kA Betriebsstrom im Bereich von 380-kV-Drehstromleitungen mit minimalen Bodenabständen in Spannfeldmitte nach der Reihe DIN EN 50341 (VDE 0210); Aufpunkt jeweils im Abstand x und in 1 m Höhe über dem Erdboden	38
Bild 16 – Verlauf der maximalen magnetischen Flussdichte je kA Betriebsstrom im Bereich von 220-kV-Drehstromleitungen mit minimalen Bodenabständen in Spannfeldmitte nach der Reihe DIN EN 50341 (VDE 0210); Aufpunkt jeweils im Abstand x und in 1 m Höhe über dem Erdboden	38
Bild 17 – Verlauf der maximalen magnetischen Flussdichte je kA Betriebsstrom im Bereich von 110-kV-Drehstromleitungen mit minimalen Bodenabständen in Spannfeldmitte nach der Reihe DIN EN 50341 (VDE 0210); Aufpunkt jeweils im Abstand x und in 1 m Höhe über dem Erdboden	39
Bild 18 – Verlauf der maximalen magnetischen Flussdichte je kA Betriebsstrom im Bereich von 20-kV-Drehstromleitungen mit minimalen Bodenabständen in Spannfeldmitte nach der Reihe DIN EN 50341 (VDE 0210); Aufpunkt jeweils im Abstand x und in 1 m Höhe über dem Erdboden	39
Bild 19 – Verlauf der maximalen magnetischen Flussdichte je kA Betriebsstrom im Bereich von 400-V-Drehstromleitungen mit minimalen Bodenabständen in Spannfeldmitte nach DIN VDE 0211 (VDE 0211); Aufpunkt jeweils im Abstand x und in 1 m Höhe über dem Erdboden	40
Bild 20 – Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte von der Höhe über dem Erdboden bis zum zulässigen Mindestabstand von 400-V- bis 380-kV-Drehstromleitungen mit minimalen Bodenabständen in Spannfeldmitte nach der Reihe DIN EN 50341 (VDE 0210), bezogen auf die maximale magnetische Flussdichte in 1 m Höhe.	40
Bild 21 – Verlegeanordnung von Einleiterkabeln	41

Bild 22 – Verlauf der magnetischen Flussdichten von Drehstrom-Einleiterkabeln je kA Betriebsstrom; lichter Abstand der Einleiterkabel 0,07 m	43
Bild 23 – Maximale elektrische Feldstärke in 1 m Höhe über dem Erdboden in Abhängigkeit vom Abstand der Hauptleiter	45
Bild 24 – Maximale elektrische Feldstärke in 1 m Höhe über dem Erdboden in Abhängigkeit von der Höhe der Hauptleiter	45
Bild 25 – Maximale elektrische Feldstärke in 1 m Höhe über dem Erdboden bei Kreuzungen in Abhängigkeit vom Leiterabstand.....	45
Bild 26 – Abhängigkeit der elektrischen Feldstärke von der Höhe über dem Erdboden bis zum zulässigen Mindestabstand von einer 380-kV-Sammelschienenkreuzung, bezogen auf die maximale elektrische Feldstärke in 1 m Höhe entsprechend Bild 25 bei 5,8 m Bodenabstand der Leiterseile und Kreuzungshöhe 5 m	46
Bild 27 – Maximale magnetische Flussdichte in 1 m Höhe über dem Erdboden in Abhängigkeit vom Leiterabstand bezogen auf 1 kA	47
Bild 28 – Maximale magnetische Flussdichte in 1 m Höhe über dem Erdboden in Abhängigkeit von der Leiterhöhe bezogen auf 1 kA	47
Bild 29 – Maximale magnetische Flussdichte in 1 m Höhe über dem Erdboden bei Kreuzungen in Abhängigkeit vom Leiterabstand bezogen auf 1 kA.....	47
Bild 30 – Abhängigkeit der magnetischen Flussdichte von der Höhe über dem Erdboden bis zum zulässigen Mindestabstand von einer 380-kV-Sammelschienenkreuzung bei 1 kA, bezogen auf die maximale magnetische Flussdichte in 1 m Höhe entsprechend Bild 29 bei 5,8 m Bodenabstand der Leiterseile und Kreuzungshöhe 5 m	48

Tabellen

Tabelle 1 – Grenzwerte für eingekoppelte Spannungen (Effektivwerte).....	12
Tabelle 2 – Übersicht über die Notwendigkeit einer Prüfung der Beeinflussungsspannungen und -ströme.....	13
Tabelle 3 – Grenzabstände für induktive Beeinflussung bei 50 Hz.....	17
Tabelle 5 – Mittlerer Gegeninduktivitätsbelag M' in $\mu\text{H}/\text{km}$ bei 50 Hz für schräge Näherungen mit den Endabständen a_1 und a_2 , gültig für spezifischen Erdbodenwiderstand $\rho = 50 \Omega\text{m}$	27
Tabelle 6 – Reduktionsfaktor von Erdseilen (r_E) in Abhängigkeit vom Wirkwiderstand bei 50 Hz	27
Tabelle 7 – Reduktionsfaktor von Erdseilen (r_E) in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Erd- und Außenleiterseil bei 800 Hz	28
Tabelle 8 – Maximale elektrische Feldstärke von Drehstrom-Hochspannungsleitungen bei der jeweils höchsten dauernd zulässigen Betriebsspannung mit minimalen Bodenabständen in Spannungsfeldmitte nach der Reihe DIN EN 50341 (VDE 0210) in 1 m Höhe über dem Erdboden gemessen.....	36
Tabelle 9 – Magnetische Flussdichten von Drehstromsystemen mit Einleiterkabeln je kA Betriebsstrom	42
Tabelle 10 – Magnetische Flussdichten von Mehrleiterkabeln bei symmetrischer Belastung je kA Betriebsstrom	43
Tabelle 11 – Magnetische Flussdichten von Mehrleiter-Niederspannungskabeln bei unsymmetrischer Belastung, Betriebsströme: 500 A, 450 A, 400 A Strom im Neutralleiter: 90 A.....	44
Tabelle 12 – Relative Permeabilität μ_4 von Schirmmaterialien bei $f = 50 \text{ Hz}$ ($\mu_4 = \mu_r$ bei $H = 0,4 \text{ A/m}$)	51
Tabelle 13 – Kennzeichnende Größen von Eisen-Nickel-Legierungen für magnetische Abschirmung in und von Geräten.....	51

Vorwort

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium UK 767.6 „Schutz von Einrichtungen der Informationstechnik gegen Überspannungen und niederfrequente Felder“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Er baut auch auf dem früheren europäischen Norm-Entwurf prEN 50352 auf. Das entsprechende europäische Normprojekt wurde nicht zum Abschluss gebracht und die europäischen Arbeiten wurden inzwischen eingestellt. Der CENELEC-Stillstand wurde daraufhin wieder aufgehoben und der Weg zur notwendigen Aktualisierung der DIN VDE 0228-2 (VDE 0228-2):1987-12 freigemacht.

Diese Norm knüpft unmittelbar an die allgemeinen Grundlagen in DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1) an. Da dessen Kenntnis beim Anwender vorausgesetzt werden kann, genügt es, sich auf eine Behandlung der spezifischen Fragen und Eigenheiten von Drehstromnetzen zu beschränken und ansonsten auf die entsprechenden Abschnitte von DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1) zu verweisen. Jedoch wird die Tabelle der Grenzwerte für Personengefährdung und Sachschäden bei induktiver und ohmscher Kopplung wegen ihrer besonderen Bedeutung (aus der DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1)) wiederholt.

Telekommunikationsfreileitungen sind in dieser Norm nicht mehr behandelt, da sie, außer bei der Deutschen Bahn, in Deutschland nicht mehr existieren. Für die Beeinflussung von Telekommunikationsfreileitungen der Deutschen Bahn gilt noch DIN VDE 0228-2 (VDE 0228-2):1975-07.

Änderungen

Gegenüber DIN VDE 0228-2 (VDE 0228-2):1987-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung der Nummer der Norm, da entsprechend einem diesbezüglichen Beschluss des zuständigen UK 767.6 die Normen der Reihen DIN VDE 0228 (VDE 0228) zum Beeinflussungsschutz und DIN VDE 0845 (VDE 0845) zum Überspannungsschutz von Einrichtungen der Informationstechnik (ITE) zukünftig in der Reihe DIN VDE 0845 (VDE 0845) zusammengefasst werden;
- b) Aktualisierung und redaktionelle Überarbeitung des Inhalts.

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 in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-161:1990 + A1:1997 + A2:1998	¹⁾	–
EN 50182:2001 + Corrigendum 2005-06	–	DIN EN 50182:2001-12 + DIN EN 50182 Ber. 1:2006-08	–
EN 50174-3:2003	–	DIN EN 50174-3 (VDE 0800-174-3):2004-09	VDE 0800-174-3
EN 50341 (alle Teile)	–	DIN EN 50341 (VDE 0210) (alle Teile)	VDE 0210
EN 60909-0:2001	IEC 60909-0:2001	DIN EN 60909-0 (VDE 0102):2002-07	VDE 0102
EN 60909-3:2003	IEC 60909-3:2003	DIN EN 60909-3 (VDE 0102-3):2004-05	VDE 0102-3
HD 60364.5.52 S1: 1995 + A1:1998	IEC 60364-5-52:1993	DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520):2003-06	VDE 0100-520
HD 637 S1:1999	–	DIN VDE 0101 (VDE 0101):2000-01	VDE 0101
–	–	Z DIN 48204:1984	VDE 0141
–	–	DIN VDE 0141 (VDE 0141):2000-01	VDE 0141
–	–	DIN VDE 0211 (VDE 0211):1985-12	VDE 0211
–	–	DIN VDE 0800-1 (VDE 0800-1):1989-05	VDE 0800-1
–	–	DIN VDE 0816-1 (VDE 0816-1):1988-02 + DIN VDE 0816-1 Ber. 1 (VDE 0816-1 Ber. 1):2002-11	VDE 0816-1 VDE 0816-1 Ber. 1
–	–	DIN VDE 0816-2 (VDE 0816-2):1988-02	VDE 0816-2
–	–	DIN VDE 0816-3 (VDE 0816-3):1988-02 + DIN VDE 0816-3 Ber. 1 (VDE 0816-3 Ber. 1):2002-11	VDE 0816-3 VDE 0816-3 Ber. 1

¹⁾ Als Bezugsquelle dient: Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe, im Rahmen der Datenbankanwendung DIN-TERM über den Beuth Verlag, Berlin, zu beziehen.

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	–	E DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-2):2010-xx	VDE 0845-6-1

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 50174-3(VDE 0800-174-3):2004-09, *Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung – Teil 3: Installationsplanung und -praktiken im Freien*; Deutsche Fassung EN 50174-3:2003

DIN EN 50182:2001-12, *Leiter für Freileitungen – Leiter aus konzentrisch verseilten runden Leitern*; Deutsche Fassung EN 50182:2001

DIN EN 50182 Berichtigung 1:2006-08, *Leiter für Freileitungen – Leiter aus konzentrisch verseilten runden Leitern – Berichtigungen zu DIN EN 50182:2001-12*; CENELEC Corrigendum Juni 2005 zu EN 50182:2001

DIN EN 50341 (VDE 0210) (alle Teile), *Freileitungen über AC 45 kV*

DIN EN 60909-0 (VDE 0102), *Kurzschlussströme in Drehstromnetzen – Teil 0: Berechnung der Ströme*

DIN EN 60909-3 (VDE 0102-3), *Kurzschlussströme in Drehstromnetzen – Teil 3: Ströme bei Doppelerdkurzschluss und Teilkurzschlussströme über Erde*

DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520):2003-06, *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kapitel 52: Kabel- und Leitungsanlagen (IEC 60364-5-52:1993, modifiziert)*; Deutsche Fassung HD 384.5.52 S1:1995 + A1:1998

DIN VDE 0101 (VDE 0101):2000-01, *Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV*; Deutsche Fassung HD 637 S1:1999

DIN VDE 0141 (VDE 0141):2000-01, *Erdungen für Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV*

DIN VDE 0211 (VDE 0211):1985-12, *Bau von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen bis 1 000 V*;

DIN VDE 0800-1 (VDE 0800-1):1989-05, *Fernmeldetechnik – Allgemeine Begriffe – Anforderungen und Prüfungen für die Sicherheit der Anlagen und Geräte*

DIN VDE 0816-1 (VDE 0816-1):1988-02, *Außenkabel für Fernmelde- und Informationsverarbeitungsanlagen – Kabel mit Isolierhülle und Mantel aus Polyethylen in Bündelverseilung*

DIN VDE 0816-1 Berichtigung 1 (VDE 0816-1 Berichtigung 1):2002-11, *Berichtigungen zu DIN VDE 0816-1 (VDE 0816-1):1988-02*

DIN VDE 0816-2 (VDE 0816-2):1988-02, *Außenkabel für Fernmelde- und Informationsverarbeitungsanlagen – Signal- und Messkabel, Grubenkabel*

DIN VDE 0816-3 (VDE 0816-3):1988-02, *Außenkabel für Fernmelde- und Informationsverarbeitungsanlagen – Kabel mit Isolierhülle aus Papier*

— Entwurf —

E DIN VDE 0845-6-2 (VDE 0845-6-2):2010-02

DIN VDE 0816-3 Berichtigung 1 (VDE 0816-3 Berichtigung 1):2002-11, *Berichtigungen zu DIN VDE 0816-3 (VDE 0816-3):1988-02*

E DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1):2010-xx, *Maßnahmen bei Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen durch Starkstromanlagen – Teil 1: Grundlagen, Grenzwerte, Berechnungs- und Messverfahren*

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt in Verbindung mit DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1) für die Beeinflussung von Telekommunikations-(TK-)anlagen durch Drehstromanlagen. Zu den Drehstromanlagen gehören Leitungen, Kraftwerke, Umspann- und Schaltanlagen.

Diese Norm gilt uneingeschränkt für Beeinflussungen durch Drehstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV. Sie darf auch für Drehstromanlagen mit Nennspannungen bis 1 kV (1 000 V oder weniger) angewendet werden, soweit die hierin enthaltenen Festlegungen auf Anlagen solcher Art gegenständlich anwendbar sind.

Diese Norm behandelt mögliche Beeinflussungen durch

- induktive Kopplung;
- kapazitive Kopplung;
- galvanische Kopplung (ohmsche Beeinflussung);

während sich das Starkstromsystem

- im Normalbetrieb;
- im Fehlerfall;

befindet.

Die Norm behandelt als mögliche Auswirkung

- eine Personengefährdung;
- einen Sachschaden;
- Funktionsstörungen der Telekommunikationsanlagen (Fehlfunktionen, Geräusch).

Die Norm ist anzuwenden auf alle Telekommunikationsanlagen mit metallischen Teilen. Lichtwellenleiterkabel sind nur dann zu berücksichtigen, wenn ihr Aufbau einen metallischen Leiter, einen metallischen Schirm oder eine metallische Umhüllung enthält, und Telekommunikationsanlagen mit Erdverbindungen.

Diese Norm ist für alle Fälle anzuwenden, in denen private oder öffentliche Telekommunikationsanlagen von einer oder mehreren Starkstromanlagen beeinflusst werden können und gibt Grenzwerte für Spannungen und/oder Ströme an, die hierdurch in Telekommunikationsanlagen erzeugt werden.

Die Norm ist anzuwenden auf neue Telekommunikations- und Starkstromanlagen und auch auf bestehende Anlagen, an denen Änderungen geplant oder durchgeführt werden, die höhere Spannungen und/oder Ströme durch Beeinflussung zur Folge haben können.

2 Normative Verweisungen

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

DIN EN 50174-3 (VDE 0800 Teil 174-3), *Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelung – Installationsplanung und -praktiken im Freien*

DIN EN 50182, *Leiter für Freileitungen – Leiter aus konzentrisch verseilten runden Drähten*

DIN EN 50341 (VDE 0210), *Freileitungen über AC 45 kV*

DIN EN 60909-0 (VDE 0102-0), *Kurzschlussströme in Drehstromnetzen – Teil 0: Berechnung der Ströme*

DIN EN 60909-3 (VDE 0102-3), *Kurzschlussströme in Drehstromnetzen – Teil 3: Ströme bei Doppelerdkurzschluss und Teilkurzschlussströme über Erde*

E DIN VDE 0845-6-2 (VDE 0845-6-2):2010-02

DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520), *Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kapitel 52: Kabel- und Leitungsanlagen*

DIN VDE 0101 (VDE 0101), *Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV*

DIN VDE 0141 (VDE 0141), *Erdungen für Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV*

DIN VDE 0211 (VDE 0211), *Bau von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen bis 1 000 V*

DIN VDE 0800-1 (VDE 0800-1), *Fernmeldetechnik – Allgemeine Begriffe – Anforderungen und Prüfungen für die Sicherheit der Anlagen und Geräte*

DIN VDE 0816-1 (VDE 0816-1), *Außenkabel für Fernmelde- und Informationsverarbeitungsanlagen – Kabel mit Isolierhülle und Mantel aus Polyethylen in Bündelverseilung*

DIN VDE 0816-2 (VDE 0816-2), *Außenkabel für Fernmelde- und Informationsverarbeitungsanlagen – Signal- und Messkabel, Grubenkabel*

DIN VDE 0816-3 (VDE 0816-3), *Außenkabel für Fernmelde- und Informationsverarbeitungsanlagen – Kabel mit Isolierhülle aus Papier*

DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1), *Maßnahmen bei Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen durch Starkstromanlagen – Grundlagen, Grenzwerte, Berechnungs- und Messverfahren*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Allgemeine Begriffe der Beeinflussung

Siehe DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1)¹⁾.

3.2 Begriffe der Drehstromanlage

3.2.1

Netz mit isoliertem Sternpunkt

Netz, mit dem die Sternpunkte von Transformatoren und Generatoren nicht absichtlich mit Erde verbunden sind; ausgenommen sind Verbindungen hoher Impedanz für Signal-, Mess- oder Schutzzwecke

[IEV 601-02-24, modifiziert]

3.2.2

Netz mit Erdschlusskompensation

Netz, in dem mindestens ein Sternpunkt eines Transformators oder Sternpunktbildners über eine Erdschluss-spule geerdet ist, wobei die resultierende Induktivität aller Erdschlusslöschspulen im Wesentlichen auf die Erdkapazität des Netzes für die Betriebsfrequenz abgestimmt ist

[IEV 601-02-13, modifiziert]

3.2.3

Netz mit niederohmiger Sternpunktterdung

Netz, in dem mindestens ein Sternpunkt eines Transformators, Sternpunktbildners oder Generators direkt oder über eine Impedanz geerdet ist, die so ausgelegt ist, dass ein Erdkurzschluss an irgendeiner Stelle wegen der Höhe des Fehlerstroms zuverlässig zu einer automatischen Abschaltung führt

ANMERKUNG Hierzu gehören auch Netze mit isoliertem Sternpunkt oder mit Erdschlusskompensation, deren Sternpunkt bei jedem Auftreten eines Erdfehlers kurzzeitig geerdet ist.

¹⁾ Zurzeit Entwurf.

3.2.4

Netz mit vorübergehender niederohmiger Sternpunkt- oder Leitererdung

Netz mit isoliertem Sternpunkt oder mit Erdschlusskompensation, bei dem im Fall eines nicht von selbst erlöschenden Erdfehlers ein Sternpunkt oder ein Außenleiter des Betriebsstromkreises wenige Sekunden nach Auftreten des Erdfehlers direkt oder über eine niedrige Impedanz geerdet wird

3.2.5

Erdfehlerstrom

I_F

Strom, der vom Betriebsstromkreis zur Erde oder zu geerdeten Teilen an der Fehlerstelle (Ort des Erdfehlers) fließt. Dies ist bei einpoligen Fehlern:

- in Netzen mit isoliertem Sternpunkt der kapazitive Erdschlussstrom I_C ;
- in Netzen mit Erdschlusskompensation der Erdschlussreststrom I_{Rest} ;
- in Netzen mit niederohmiger Sternpunktterdung der Erdkurzschlussstrom I_{k1} .

3.2.6

Erdungsstrom

I_E

Strom, der über die Erdungsimpedanz in die Erde fließt

3.2.7

Doppelerdschlussstrom

I_{KEE}

Kurzschlussstrom, der bei zwei gleichzeitig an verschiedenen Stellen eines Drehstromnetzes mit Erdschlusskompensation oder isoliertem Sternpunkt in unterschiedlichen Leitern auftretenden Erdschlüssen (Doppelerdschluss) zwischen den Fehlerstellen über Erde und über geerdete Leiter (Erdseile, Metallmäntel von Kabeln) fließt

3.2.8

Erdungsspannung

U_E

Spannung zwischen einer Erdungsanlage und Bezugserde

4 Grenzwerte für Spannungen und Ströme bei Beeinflussungen

Bei Beeinflussungen sind sowohl für den Normalbetrieb als auch für den Fehlerfall der beeinflussenden Anlage Grenzwerte hinsichtlich der Personengefährdung und Sachschäden zu beachten. Funktionsstörungen müssen nur für den Normalbetrieb beachtet werden.

4.1 Grenzwerte für Personengefährdung und Sachschäden

4.1.1 Ermittlung der Beeinflussungsspannung

Zur Abschätzung der Gefährdungsmöglichkeit kann die Höhe der Beeinflussungsspannung berechnet werden. Stattdessen kann auch die tatsächliche Beeinflussungsspannung gemessen werden. Sie wird bestimmt

- a) als Spannung gegen Erde, wenn die Leitung nicht mit Abschlusswiderständen gegen Erde belastet ist, z. B. bei symmetrischen Leitungen;
- b) als Spannungsabfall am Scheinwiderstand der Schaltelemente, die gegen Erde geschaltet sind, z. B. bei Koaxialleitungen.

4.1.2 Zulässige Beeinflussungsspannungen

Die Beeinflussungsspannung darf in Telekommunikationsleitungen ohne zusätzliche Schutzeinrichtungen die in Tabelle 1 angegebenen Grenzwerte nicht überschreiten.

4.1.3 Ausnahmefälle

In begründeten Ausnahmefällen, in denen die Grenzwerte nach Tabelle 1 nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand einzuhalten sind, z. B. bei Näherungen in langen und engen Tälern, dürfen höhere Spannungen als in Tabelle 1 auftreten, wenn ein ausreichender Sachschutz sowie Berührungsschutz sichergestellt ist (siehe DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1), 5.9).

Tabelle 1 – Grenzwerte für eingekoppelte Spannungen (Effektivwerte)

Dauer s	Spannung (Effektivwert) V
$t \leq 0,2$	1 030
$0,2 < t \leq 0,5$	650
$0,5 < t \leq 1$	430
$1 < t \leq 3$	150
$t > 3$	60

Für Telekommunikationsleitungen mit Übertragerabschluss gelten 1 200 V³⁾ für $t < 3,0$ s sowie 250 V für länger andauernde Beeinflussungen als zulässig.

4.2 Notwendigkeit der Prüfung auf Einhaltung der Grenzwerte für Beeinflussungsspannungen und -ströme

Nachfolgende Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Fälle, in denen eine Prüfung gegebenenfalls durchzuführen ist. Bei besonders ungünstigen Umständen sind auch die durch ein in Klammern stehendes Pluszeichen (+) gekennzeichneten Fälle zu berücksichtigen. Solche Fälle können z. B. sein: lange und enge Näherungen in Verbindung mit hohem spezifischem Erdbodenwiderstand, Telekommunikationsleitungen an Hochspannungsgestängen usw.

Eine Beeinflussung im Normalbetrieb wird nur berücksichtigt, sofern ein Telekommunikationskabel in enger Näherung zu einer Hochspannungsfreileitung geführt ist. Bei einem Abstand a des Telekommunikationskabels von der Mastachse und einer Näherungslänge l ist unter Zugrundelegung eines Betriebsstroms von 1 000 A im Allgemeinen keine unzulässige Beeinflussung nach Tabelle 2 zu erwarten, wenn das Verhältnis $l/a < 35$ ist.

³⁾ Dieser Wert entspricht im Allgemeinen 60 % der Prüfwechselspannung zwischen Adern und Metallmantel oder Schirm bei Kabeln mit Papierisolierung. Bei Kabeln mit höherem Isoliervermögen, z. B. bei Kabeln mit Kunststoffisolierung können entsprechend der höheren Prüfwechselspannung höhere Spannungen zugelassen werden, sofern auch die Garnituren (Muffen, Endeinrichtungen usw.) dieses Isoliervermögen aufweisen. Bei Arbeiten an solchen Anlagen sind zusätzliche Schutzmaßnahmen nach DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1), 5.9 erforderlich.

**Tabelle 2 – Übersicht über die Notwendigkeit einer Prüfung
der Beeinflussungsspannungen und -ströme**

1	2	3	4	5	6
Nr.	Drehstromnetz			Telekommunikationsnetz	
	Betriebsweise	Art	Zustand	Beeinflussung	
				induktiv	ohmsch
1	Netze mit niederohmiger Sternpunktterdung	Freileitung	Normalbetrieb	(+) ³⁾	–
2			Erdkurzschluss	+	+
3		Kabel	Normalbetrieb	(+)	–
4			Erdkurzschluss	(+) ⁴⁾	(+) ⁵⁾
5	Netze mit isoliertem Sternpunkt oder Erdschlusskompensation oder vorübergehender Sternpunktterdung	Freileitung	Normalbetrieb	(+) ³⁾	–
6			Erdschluss bzw. Erdkurzschluss	–	+ ¹⁾
7			Doppelerdschluss ²⁾	(+)	(+)
8		Kabel	Normalbetrieb	(+)	–
9			Erdschluss bzw. Erdkurzschluss	–	+ ¹⁾
10			Doppelerdschluss ²⁾	(+)	(+)
Bedeutung der Zeichen:					
– keine Untersuchung erforderlich					
(+) Untersuchungen nur in besonders ungünstigen Fällen erforderlich.					
+ Untersuchung erforderlich, wenn der Abstand kleiner als der Grenzabstand ist.					
¹⁾ Nur in denjenigen Anlagen der Netze mit vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung, in denen diese Erdung durchgeführt wird					
²⁾ In Netzen, in denen die Löschgrenze nach Bild 1 eingehalten wird, wird der Doppelerdschluss wegen der Seltenheit grundsätzlich nicht berücksichtigt. Liegen jedoch betriebliche Erfahrungen in Kabel- bzw. gemischten Kabel-/Freileitungsnetzen vor (z. B. Störungsstatistik), dass diese Seltenheit nicht gegeben ist, ist der Doppelerdschluss bei der Auslegung von Schutz- bzw. Abhilfemaßnahmen zu berücksichtigen.					
³⁾ z. B. Luftkabel am Hochspannungsgestänge.					
⁴⁾ Prüfung, wenn die Bedingungen nach 4.2.1.1 a) oder b) nicht erfüllt sind.					
⁵⁾ z. B. bei kleinen über Kabel angeschlossenen Umspannanlagen.					

4.2.1 Beeinflussung im Hinblick auf Personengefährdung oder Sachschäden

4.2.1.1 Induktive Beeinflussung

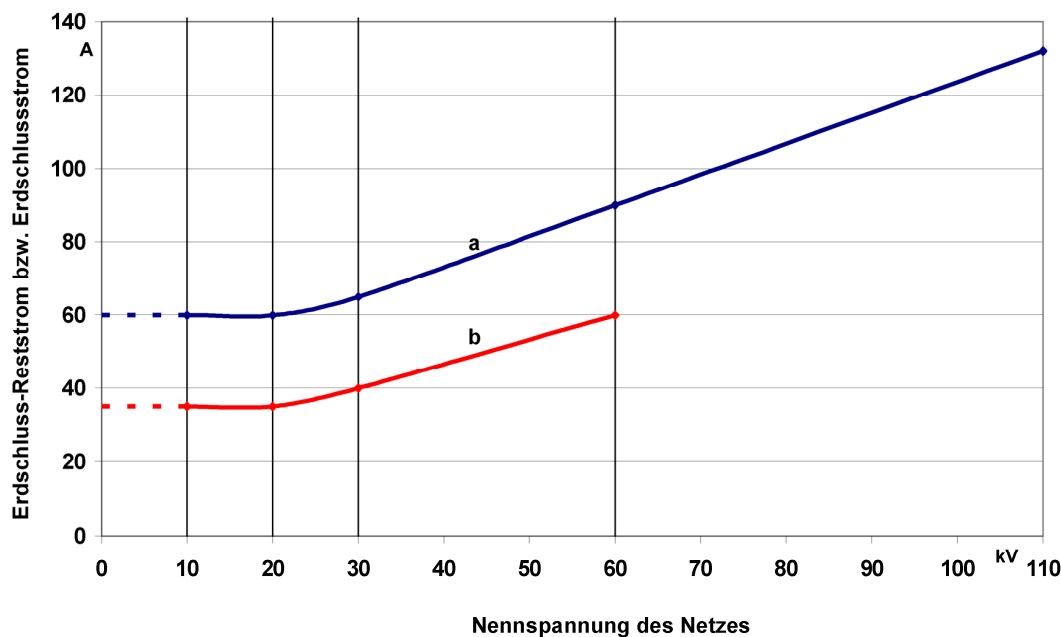
Bei Drehstromfreileitungen und Drehstromkabeln ohne Metallmantel ist der Erdkurzschluss in Netzen mit niederohmiger Sternpunktterdung immer zu berücksichtigen.

Der Erdkurzschluss wird nicht berücksichtigt bei:

- a) Drehstromkabeln mit Aluminium- oder Bleimantel oder mit Kupferschirm von mindestens 16 mm² Querschnitt, wenn bei einer Netznennspannung von 20 kV und darunter der Erdkurzschlussstrom < 2 kA ist; oder
- b) Drehstromkabeln im Stahlrohr, wenn der Erdkurzschlussstrom 15 kA nicht übersteigt;
- c) Netzen mit vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung.

In Bild 1 sind Richtwerte von Erdschlussrestströmen angegeben, bei denen erfahrungsgemäß mit einem sicheren selbstständigen Verlöschen frei brennender Erdschlüsse gerechnet werden kann, siehe auch Anhang A.

Bei der Ermittlung des Erdschlussreststroms sind auch Oberschwingungsanteile zu berücksichtigen. Liegen keine genaueren Kenntnisse über die Höhe der Oberschwingungsanteile vor, so kann entsprechend DIN VDE 0101 (VDE 0101) ein Anteil von 10 % des kapazitiven Erdschlussstromes als Erdschlussreststrom herangezogen werden.



Kurve a: Netze mit Erdschlusskompensation; für Kabelnetze mit kleinen Freileitungsanteilen bis 20 kV Nennspannung gilt Kurve a auch bei isoliertem Sternpunkt

Kurve b: Netze mit isoliertem Sternpunkt

Bild 1 – Obergrenzen für Erdschlussreststrom bzw. Erdschlussstrom

In vermaschten 110-kV-Netzen hat die Erfahrung gezeigt, dass auch Erdschlussrestströme bis 200 A zugelassen werden können.

4.2.1.2 Beeinflussung durch Kopplung über ohmsche Widerstände

Erdkurzschluss in Anlagen

Der Erdkurzschluss ist in Anlagen der Netze mit niederohmiger Sternpunktterdung immer zu berücksichtigen, wenn Freileitungen dieses Netzes in diese Anlagen eingeführt werden. Bei Drehstromkabeln ist dies nur in ungünstigen Fällen erforderlich. In Netzen mit vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung gilt dies nur für diejenige Anlage, in der die Erdung durchgeführt wird.

Erdkurzschluss an Freileitungsmasten

Bei Näherungen von Telekommunikationskabeln mit Erdungen von Freileitungsmasten ist DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1) zu beachten.

Doppelerdschluss

Der Doppelerdschluss wird in Netzen mit Erdschlusskompensation und in Netzen mit isoliertem Sternpunkt nicht berücksichtigt, wenn die Obergrenzen für den Erdschlussreststrom bzw. den kapazitiven Erdschlussstrom nach Bild 1 eingehalten werden (siehe auch Anmerkung 2 in Tabelle 2).

4.2.2 Beeinflussung im Hinblick auf Funktionsstörungen

Im Hinblick auf Funktionsstörungen findet in der Regel keine rechnerische Vorabbewertung statt. Bei Auftreten von Geräuschstörungen sind die Grenzwerte nach DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1), 4.2.2, zu beachten. Zu Maßnahmen siehe DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1), 6.2.8.

5 Maßnahmen gegen Beeinflussungen

5.1 Allgemeines

Es gelten die Festlegungen in DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1).

5.2 Vorsorgliche Maßnahmen an Drehstromanlagen

5.2.1 Vorsorgliche Maßnahmen im Hinblick auf Oberschwingungsströme

Oberschwingungen werden bei Beeinflussungsrechnungen nur bei Hochspannungsleitungen und nur in Ausnahmefällen mit besonders hohen Oberschwingungsströmen, z. B. im Fall eines angeschlossenen Stahlwerks oder dezentraler Einspeisung hoher Leistungen, berücksichtigt.

Für hoch- und mittelspannungsseitig angeschlossene Anlagen von Netznutzern ist die zulässige Aussendung von Oberschwingungen entsprechend dem einschlägigen technischen Regelwerk mit dem Netzbetreiber zu vereinbaren. Bei solchen Anlagen ist im Allgemeinen mit keiner unzulässig hohen Erzeugung von Oberschwingungsspannungen zu rechnen, wenn die Oberschwingungslast des Netzbenutzers etwa 1 % der Kurzschlussleistung des speisenden Netzes an der Anschlussstelle des Stromrichters nicht überschreitet.

5.2.2 Maßnahmen im Hinblick auf die Erdunsymmetrie der Außenleiter

Ein elektrisch zusammenhängendes Drehstrom-Leitungsnetz soll in seiner ganzen Ausdehnung so angeordnet werden, dass die Kapazitäten der Außenleiter gegen Erde möglichst gleich groß sind. Durch Zusammenschalten verschieden gelegener Leiter bei Abzweigungen, Schaltstellen, Kraft- und Umspannwerken und durch Verdrillen der Leitungen kann die Erdunsymmetrie verringert werden.

5.3 Maßnahmen an Telekommunikationsanlagen

Für Maßnahmen an Telekommunikationsanlagen gelten die Festlegungen in DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1).

5.3.1 Bauliche Maßnahmen bei Kreuzungen und Näherungen von Telekommunikationsleitungen mit Drehstromleitungen

Im Hinblick auf bauliche Maßnahmen bei Kreuzungen und Näherungen von Telekommunikationsleitungen mit Starkstromleitungen sind die Festlegungen der Reihe DIN EN 50341 (VDE 0210) sowie von DIN VDE 0800-1 (VDE 0800-1) und DIN EN 50174-3 (VDE 0800-174-3) zu beachten.

Wenn sich Telekommunikations- und Starkstromkabel im gleichen Graben befinden:

Hinsichtlich der Kopplung über ohmsche Widerstände sind keine Schutzmaßnahmen erforderlich, jedoch sind die Festlegungen nach DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520) und DIN EN 50174-3 (VDE 0800-174-3) zu beachten.

5.3.2 Einführungen von Telekommunikationskabeln in Hochspannungsanlagen (Kraftwerken und Umspannwerken) bei Netzen mit niederohmiger Sternpunktterdung sowie in Anlagen in Netzen mit vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung, in denen Sternpunkte dieser Netze vorübergehend geerdet werden

5.3.2.1 Maßnahmen an den Telekommunikationsstromkreisen

Werden Telekommunikationskabel in Kraft- oder Umspannwerken eingeführt, die zu Hochspannungsnetzen mit niederohmiger oder vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung gehören, können in die eingeführten Kabel durch Potentialanstieg infolge des Erdkurzschlusses Erdungsspannungen U_E eingekoppelt werden. Bei Überschreitung der nach Tabelle 1 für den Fehlerfall zulässigen Grenzwerte sind in Abhängigkeit von der Beeinflussungsspannung Schutzmaßnahmen zu treffen.

Hierbei sind die metallenen Kabelmäntel in der Hochspannungsanlage und am nächsten Schaltpunkt außerhalb des Spannungstrichters zu erden. Sämtliche Adern des Verbindungskabels sind beidseitig mit Überspannungsableitern zu beschalten.

Befinden sich Telekommunikations-Schaltpunkte noch innerhalb des Spannungstrichters, an denen das Erdoberflächenpotential Werte erreicht, die im angegebenen Spannungsbereich liegen, so ist auch an diesen Schaltpunkten der Kabelmantel zu erden und es sind hier die Adern zusätzlich mit Überspannungsableitern zu beschalten. Erdungsspannungen $U_E > 1\,200\text{ V}$ in Hochspannungsanlagen sind wegen der vergleichsweise günstigen spezifischen Erdwiderstände in Deutschland sehr selten. Ausnahmen können in Gebirgsgegenden mit dünner Deckschicht sowie in Gebieten mit Sandböden auftreten. Die metallene Hülle des Telekommunikationskabels muss eine isolierende Außenhülle haben und ist in der Hochspannungsanlage und am nächsten Telekommunikations-Schaltpunkt zu erden.

Sämtliche Adern des Telekommunikationskabels sind beidseitig mit Überspannungsableitern zu beschalten. Ergibt die Erdungsmessung, dass der nächstgelegene Telekommunikations-Schaltpunkt ein Potential von mehr als $1\,200\text{ V}$ annimmt, müssen auch die von diesem Telekommunikations-Schaltpunkt abzweigenden Kabel bis zu jeweils den nächsten Telekommunikations-Schaltpunkten äußere isolierende Schutzhüllen haben. Außerdem sind alle Adern in den vorgenannten Telekommunikations-Schaltpunkten mit Überspannungsableitern zu versehen oder es sind Kabel mit besserem Reduktionsfaktor zu verwenden.

5.3.2.2 Erdung metallener Leiter der Umhüllung von Telekommunikationskabeln

Es gelten die Festlegungen in DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1), 5.2.1.

5.3.3 Schutzmaßnahmen beim Arbeiten an beeinflussten Telekommunikationsanlagen

Es gelten die Festlegungen in DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1).

6 Berechnungsverfahren für Beeinflussungen durch Drehstromanlagen

6.1 Berechnungsformeln

6.1.1 Induktive Kopplung

6.1.1.1 Beeinflussung im Fehlerfall

Für Beeinflussungen im Fehlerfall ist es im Allgemeinen ausreichend, Näherungen bis zu Abständen nach Tabelle 3 zu untersuchen.

Tabelle 3 – Grenzabstände für induktive Beeinflussung bei 50 Hz

Art der Telekommunikationsleitung	Abstand in m	
	Gebiet mit dichter Bebauung (Städte)	sonstige Gebiete
Weitverkehrsnetze und Bahnsignalleitung	500	2 000
Telekommunikationskabel im Zugangsnetz	250	1 000

Die in einer Telekommunikationsleitung induzierte Längsspannung U_i ist nach DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1) mit folgender Gleichung zu berechnen:

$$U_i = 2 \pi f r M' I l \quad (1)$$

Dabei ist

U_i Effektivwert der induzierten Längsspannung;

f Nennfrequenz der Starkstromleitung in Hz;

I Effektivwert des beeinflussenden Stroms (z. B. Fahrstrom I_F , Fahrstrom I_K);

M' längenbezogene Gegeninduktivität zwischen den Schleifen Starkstromleitung – Erde und Telekommunikationsleitung – Erde;

l wirksame Länge der Näherung;

r Reduktionsfaktor, der die Schutzwirkung benachbarter geerdeter Leiter einschließlich metallener Kabelmäntel berücksichtigt (Kompensationsleiter).

Der Betrag des Gegeninduktivitätsbelags M' bzw. des Koppelimpedanzbelags Z' für einpolige Fehlerströme in Drehstromsystemen oder für einphasige Wechselstromkreise lässt sich – sowohl für Näherungen an Starkstromfreileitungen als auch Starkstromkabeln – mit ausreichender Genauigkeit mit Hilfe der Gleichung (2) bestimmen, siehe auch DIN VDE 0845-6-1 (VDE 0845-6-1).

Für $x < 10$:

$$M' = 142,5 + 45,96 \times x - 1,413 \times x^2 - 198,4 \times \ln x \quad [\text{in } \mu\text{H/km}] \quad (2a)$$

Für $x > 10$:

$$M' = \frac{400}{x^2} \quad [\text{in } \mu\text{H/km}] \quad (2b)$$