

	Kurzschlußströme Kurzschlußströme in Gleichstrom-Eigenbedarfsanlagen in Kraftwerken und Schaltanlagen Teil 1: Berechnung der Kurzschlußströme (IEC 61660-1:1997) Deutsche Fassung EN 61660-1:1997	DIN EN 61660-1
VDE	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekanntgegeben worden.	Klassifikation VDE 0102 Teil 10
Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm IEC 61660-1 ICS 29.240.01 Deskriptoren: Kurzschlußstrom, Gleichstromanlage, Kraftwerk, Schaltanlage, Berechnung Short-circuit currents – Short-circuit currents in d.c. auxiliary installations in power plants and substations – Part 1: Calculation of short-circuit currents (IEC 61660-1:1997); German version EN 61660-1:1997 Courants de court-circuit – Courants de court-circuit dans les installations auxiliaires alimentées en courant continu dans les centrales et les postes – Partie 1: Calcul des courants de court-circuit (CEI 61660-1:1997); Version allemande EN 61660-1:1997 Die Europäische Norm EN 61660-1:1997 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit Die EN 61660-1 wurde am 1997-07-01 angenommen. Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 73(Sec)67 (VDE 0102 Teil 20):1994-10. Fortsetzung Seite 2 und 3 und 29 Seiten EN Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

Nationales Vorwort

Die deutsche Fassung der EN 61660-1 wurde vom Unterkomitee 121.1 „Kurzschlußstrom-Berechnung“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) erarbeitet und autorisiert und vom Komitee 121 „Kurzschlußströme“ freigegeben.

Die der EN 61660-1 zugrundeliegende Internationale Norm IEC 61660-1:1997 hat das Technische Komitee TC 73 „Short-circuit currents“ ausgearbeitet.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm oder andere Unterlage 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 oder anderen Unterlage.

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen und anderen Unterlagen mit den entsprechenden Deutschen Normen und anderen Unterlagen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
HD 472 S1:1989	IEC 60038:1983	DIN IEC 60038:1987-05	–
–	IEC 60050(151):1978	DIN IEC 60050-151:1983-12	–
–	IEC 60050(441):1984	IEV – Kapitel 441:1990	–
EN 60896-1:1991	IEC 60896-1:1987	DIN EN 60896-1:1992-11	–
EN 60909	IEC 60909:1988	DIN VDE 0102 (VDE 0102):1990-01	VDE 0102
EN 61660-2:1997	IEC 61660-2:1997	DIN EN 61660-2 (VDE 0103 Teil 10):1998-05	VDE 0103 Teil 10

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN IEC 60038	IEC-Normspannungen; Identisch mit IEC 60038, Ausgabe 1983
DIN IEC 60050-151	Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Teil 151: Elektrische und magnetische Bauelemente und Geräte:1978
IEV – Kapitel 441	IEV – Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 441: Schaltanlagen, Schaltgeräte und Sicherungen; Identisch mit IEC 60050-441:1984
DIN EN 60896-1	Ortsfeste Blei-Akkumulatoren – Allgemeine Anforderungen und Prüfungen – Teil 1: Geschlossene Batterien (IEC 60896-1:1987 + A1:1988); Deutsche Fassung EN 60896-1:1991
DIN VDE 0102 (VDE 0102)	Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromnetzen
DIN EN 61660-2 (VDE 0103 Teil 10)	Kurzschlußströme – Kurzschlußströme in Gleichstrom-Eigenbedarfsanlagen in Kraftwerken und Schaltanlagen – Teil 2: Berechnung der Wirkungen (IEC 61660-2:1997); Deutsche Fassung EN 61660-2:1997

Die nachstehende Tabelle enthält eine Übersicht der IEC-Normen mit Festlegungen über Kurzschlußströme in Drehstromnetzen und der ihnen entsprechenden deutschen Normen.

IEC-Norm	Titel	Deutsche Norm	Titel
IEC 60909:1988	Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems	DIN VDE 0102 (VDE 0102):1990-01	Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromnetzen
	Appendix A: Calculation of short-circuit currents	Beiblatt 1 zu DIN VDE 0102 (Beiblatt 1 zu VDE 0102):1992-09	Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromnetzen – Beispiele
IEC 60781:1989	Application guide for calculation of short-circuit currents in low-voltage radial systems	Beiblatt 2 zu DIN VDE 0102 (Beiblatt 2 zu VDE 0102):1992-09	Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromnetzen – Anwendungsleitfaden für die Berechnung von Kurzschlußströmen in Niederspannungsstrahlennetzen
IEC 60909-1:1991	Technical Report: Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems – Part 1: Factors for the calculation of short-circuit currents in three-phase a.c. systems according to IEC 60909	Beiblatt 3 zu DIN VDE 0102 (Beiblatt 3 zu VDE 0102):1997-05	Berechnung von Kurzschlußströmen in Drehstromnetzen – Faktoren
IEC 60909-2:1992	Technical Report: Electrical equipment – Data for short-circuit current calculation in accordance with IEC 60909:1988	in Vorbereitung als Beiblatt 4 zu DIN VDE 0102 (Beiblatt 4 zu VDE 0102)	Elektrische Betriebsmittel – Daten für die Kurzschlußstromberechnung
IEC 60909-3:1995	Short-circuit currents – Calculation of currents in three-phase a.c. systems – Part 3: Currents during two separate simultaneous single phase line-to-earth short circuits and partial short-circuit currents flowing through earth	DIN IEC 60903-3 (VDE 0102 Teil 3):1997-06	Kurzschlußströme – Berechnung der Ströme in Drehstromanlagen – Teil 3: Doppelerdkurzschlußströme und Teilkurzschlußströme über Erde
IEC 60865-1:1993	Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 1: Definitions and calculation methods	DIN EN 60865-1 (VDE 0103):1994-11	Kurzschlußströme – Berechnung der Wirkung – Teil 1: Begriffe und Berechnungsverfahren
IEC 60865-2:1994	Technical Report: Short-circuit currents – Calculation of effects – Part 2: Examples of calculation	Beiblatt 1 zu DIN EN 60865-1 (Beiblatt 1 zu VDE 0103):1996-06	Kurzschlußströme – Berechnung der Wirkung – Beispiele für die Berechnung
IEC 61660-2:1997	Short-circuit currents in d.c. auxiliary installations in power plants and substations – Part 2: Calculation of effects	DIN EN 61660-2 (VDE 0103 Teil 10):1998-05	Kurzschlußströme in Gleichstrom-Eigenbedarfsanlagen in Kraftwerken und Schaltanlagen – Teil 2: Berechnung der Wirkungen

ICS 29.240.01

Deskriptoren: Kurzschlußstrom, Eigenbedarfsanlagen, Kraftwerke, Schaltanlage, Berechnung der Ströme
Deutsche Fassung

Kurzschlußströme
**Kurzschlußströme in Gleichstrom-Eigenbedarfsanlagen
in Kraftwerken und Schaltanlagen**
Teil 1: Berechnung der Kurzschlußströme
(IEC 61660-1:1997)

Short-circuit currents
Short-circuit currents in d.c. auxiliary installations
in power plants and substations
Part 1: Calculation of short-circuit currents
(IEC 61660-1:1997)

Courants de court-circuit
Courants de court-circuit dans les installations
auxiliaires alimentées en courant continu
dans les centrales et les postes
Partie 1: Calcul des courants de court-circuit
(CEI 61660-1:1997)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 1997-07-01 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, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien 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 73/84/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61660-1, ausgearbeitet von dem IEC TC 73 „Short-circuit currents“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 1997-07-01 als EN 61660-1 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): 1998-04-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 1998-04-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

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

In dieser Norm ist Anhang ZA normativ und Anhang A informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61660-1:1997 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
1 Allgemeines	4
1.1 Anwendungsbereich	4
1.2 Normative Verweisungen	4
1.3 Begriffe	4
1.4 Formelzeichen und Indizes	5
2 Berechnung der Kurzschlußströme	7
2.1 Allgemeines	7
2.2 Berechnungsverfahren	9
2.3 Resistanz und Induktivität einer Leitung	11
2.4 Stromrichter	12
2.5 Batterie	15
2.6 Kondensator	16
2.7 Gleichstrommotor mit Fremderregung	20
3 Berechnung des Gesamtkurzschlußstromes	25
3.1 Korrekturfaktor	25
3.2 Überlagerung der Teilkurzschlußströme an der Kurzschlußstelle	26
3.3 Standardisierte Näherungsfunktion	26
Anhang A (informativ) Gleichungen zur Berechnung von λ_D, κ_D, κ_C und t_{pC}	28
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	29

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der Norm enthält ein Verfahren zur Berechnung der Kurzschlußströme in Gleichstromanlagen von Kraftwerken und Schaltanlagen. Solche Anlagen können folgende Betriebsmittel enthalten, die als Quelle des Kurzschlußstromes wirken:

- Stromrichter in Drehstrombrückenschaltung für 50 Hz,
- ortsfeste Bleibatterien,
- Glättungskondensatoren,
- Gleichstrommotoren mit Fremderregung.

ANMERKUNG: Stromrichter in Drehstrombrückenschaltung für 60 Hz sind in Bearbeitung. Daten für andere Betriebsmittel können vom Hersteller erfragt werden.

Diese Norm beschäftigt sich nur mit Stromrichtern in dreiphasiger Brückenschaltung und nicht mit anderen Stromrichterschaltungen.

Das Ziel dieser Norm ist es, ein allgemein anwendbares Berechnungsverfahren festzulegen, das zu Ergebnissen mit ausreichender Genauigkeit auf der sicheren Seite führt. Andere Berechnungsverfahren können für spezielle Fälle verwendet werden, wenn sie mindestens die gleiche Genauigkeit aufweisen. Kurzschlußströme, ohmsche Widerstände und Induktivitäten können auch aus Netzversuchen oder Messungen an Modellnetzen ermittelt werden. In bestehenden Gleichstromanlagen können die erforderlichen Werte durch Messungen an der angenommenen Fehlerstelle bestimmt werden. Die Lastströme werden bei der Berechnung der Kurzschlußströme nicht berücksichtigt. Es wird zwischen zwei Kurzschlußströmen verschiedener Größe unterschieden:

- dem größten Kurzschlußstrom, der für die Bemessung der elektrischen Betriebsmittel maßgebend ist,
- dem kleinsten Kurzschlußstrom, der für die Auswahl von Sicherungen und für die Einstellung von Schutz-einrichtungen zugrundegelegt werden kann.

1.2 Normative Verweisungen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch die Verweisung in diesem Text auch für diesen Teil der Norm gelten. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle Normen unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf diesem Teil der Norm basieren, sind gehalten, nach Möglichkeit die neuesten Ausgaben der nachfolgend aufgeführten Normen anzuwenden. IEC- und ISO-Mitglieder verfügen über Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

IEC 60038:1983	<i>IEC standard voltages</i>
IEC 60050(151):1978	<i>International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices</i>
IEC 60050(441):1984	<i>International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses</i>
IEC 60896-1:1987 Amendment 1 (1988) Amendment 2 (1990)	<i>Stationary lead-acid batteries – General requirements and methods of test – Part 1: Vented types</i>
IEC 60909:1988	<i>Short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems</i>
IEC 61660-2:1997	<i>Short-circuit currents in d.c. auxiliary installations in power plants and substations – Part 2: Calculation of effects</i>

1.3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teiles der IEC 61660 gelten die folgenden Begriffe.

1.3.1 Kurzschluß: Die zufällige oder beabsichtigte Verbindung über eine verhältnismäßig niedrige Resistanz oder Impedanz zwischen zwei oder mehr Punkten eines Stromkreises, die üblicherweise unterschiedliche Spannung haben [IEV 151-03-41].

ANMERKUNG: Diese Verbindung wird in dieser Norm als impedanzlos angenommen.

1.3.2 Kurzschlußstrom: Überstrom, der bei einem Kurzschluß infolge eines Fehlers oder einer falschen Verbindung in einem elektrischen Stromkreis fließt [IEV 441-11-07].

ANMERKUNG: Es ist notwendig, zwischen dem Kurzschlußstrom an der Kurzschlußstelle und den Kurzschlußströmen in den Netzweigen (Teilkurzschlußströme) zu unterscheiden.

1.3.3 Teilkurzschlußstrom: Der Kurzschlußstrom an der Kurzschlußstelle, der von einer Quelle gespeist wird, während alle anderen Quellen abgeschaltet sind.

1.3.4 Koppelzweig: Ein Netzweig mit mehreren Teilkurzschlußströmen aus verschiedenen Quellen.

1.3.5 Anfangs-Kurzschlußwechselstrom I_k'' : Der Effektivwert des Wechselstromanteils eines zu erwartenden Kurzschlußstromes im Augenblick des Kurzschlußeintritts, wenn die Impedanz ihre Größe zum Zeitpunkt Null beibehält.

1.3.6 Stoßkurzschlußstrom i_p : Der maximal mögliche Augenblickswert des zu erwartenden Kurzschlußstromes auf der Gleichstromseite (Bilder 1 und 2).

1.3.7 Quasi-stationärer Dauerkurzschlußstrom I_k : Der Wert des Kurzschlußstromes auf der Gleichstromseite 1 s nach Kurzschlußeintritt.

1.3.8 Zeit bis zum Stoßkurzschlußstrom t_p : Die Zeitspanne zwischen dem Kurzschlußeintritt und dem Stoßkurzschlußstrom (Bilder 1 und 2).

1.3.9 Kurzschlußdauer T_k : Die Zeitspanne zwischen dem Kurzschlußeintritt und der Unterbrechung des Kurzschlußstromes auf der Gleichstromseite.

1.3.10 Nennspannung des Netzes U_n : Die Spannung zwischen den Leitern, für die ein Drehstromnetz bestimmt ist und auf die sich bestimmte Betriebseigenschaften beziehen. Werte sind in IEC 60038 gegeben.

1.3.11 Nennspannung einer Bleibatterie U_{nB} : Die Nennspannung einer Bleibatterie wird vom Hersteller angegeben. Wenn der Wert unbekannt ist, kann die Nennspannung 2,0 V einer Zelle multipliziert mit der Anzahl der in Reihe geschalteten Zellen verwendet werden.

1.3.12 Stationäre Batterie: Eine fest eingebaute Batterie, die ständig mit der Last und dem zugehörigen Batterieladekreis verbunden ist.

1.3.13 Entladeschlußspannung der Batterie: Die minimal zulässige Spannung nach einer definierten Entladezeit.

1.4 Formelzeichen und Indizes

Alle Gleichungen sind als Größengleichungen angegeben. Die Formelzeichen stehen für die Größen, die Zahlenwerte und Einheiten enthalten und unabhängig von den Einheiten sind, solange ein kohärentes Einheitensystem gewählt wird, z. B. das Internationale Einheitensystem (SI).

1.4.1 Formelzeichen

A	Leiterquerschnitt
a	Leitermittenabstand
b	Höhe des Rechteckleiters
C	Kapazität
c	Spannungsfaktor nach IEC 60909
$cU_n/\sqrt{3}$	Ersatzspannungsquelle nach IEC 60909
d	Breite des Rechteckleiters
E_B	Leerlaufspannung einer Batterie
f	Netzfrequenz
I_k''	Dreipoliger Anfangs-Kurzschlußwechselstrom
I_k	Quasi-stationärer Dauerkurzschlußstrom
I_r	Bemessungsstrom
i	Augenblickswert des Stromes
i_1, i_2	Abschnitte der standardisierten Näherungsfunktion
i_{Br}	Kurzschlußstrom in einem Zweig
i_p	Stoßkurzschlußstrom
i_{cor}	Korrigierter Strom
J	Massenträgheitsmoment des gesamten rotierenden Teils
k_{1C}, k_{2C}	Faktoren zur Berechnung der Anstiegs- und Abfallzeitkonstanten des Kondensatorstromes
k_{1M}	Faktor zur Berechnung der Zeit bis zum Stoßkurzschlußstrom des Motors
k_{2M}, k_{3M}	Faktoren zur Berechnung der Anstiegszeitkonstanten des Motorstromes
k_{4M}	Faktor zur Berechnung der Abfallzeitkonstanten des Motorstromes
L, L'	Induktivität, Induktivitätsbelag
L_F	Gesättigte Ersatzinduktivität des Erregerkreises des Motors im Kurzschlußfall
L_{OF}	Ungesättigte Ersatzinduktivität des Erregerkreises des Motors im Leerlauf
l	Länge
M_r	Bemessungsmoment des Motors
n, n_0, n_n	Drehzahl, Leerlaufdrehzahl, Nenndrehzahl des Motors
p	Verhältnis I_k / i_p

R, R'	Resistanz, Resistenzbelag
R_{joint}	Übergangsresistanz
r	Leiterradius
T_k	Kurzschlußdauer
t	Zeit
t_p	Zeit bis zum Stoßkurzschlußstrom
U	Spannung an der Kurzschlußstelle vor dem Kurzschluß
U_n	Netznominalspannung
U_{nB}	Nennspannung einer Batterie
X	Reaktanz
Z_N	Impedanz des Drehstromnetzes
δ	Abklingkoeffizient
κ	Faktor zur Berechnung des Stoßkurzschlußstromes
λ_D	Faktor zur Berechnung des quasi-stationären Dauerkurzschlußstromes des Stromrichters
μ_0	Absolute Permeabilität des Vakuums, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}$
ρ	Spezifische Resistenz
σ	Korrekturfaktor für den Teilkurzschlußstrom
τ_M	Ankerkreiszeitkonstante des Motors
τ_F	Erregerkreiszeitkonstante des Motors
τ_{mec}	Mechanische Zeitkonstante des Motors
τ_1, τ_2	Anstiegs- und Abfallzeitkonstante der standardisierten Näherungsfunktion
ω_0, ω_d	Ungedämpfte/gedämpfte Eigenkreisfrequenz

1.4.2 Indizes

a.c.	Wechselstrom
B	Batterie
Br	Zweig
C	Kondensator
cor	korrigiert
D	Stromrichter
d.c.	Gleichstrom
F	Kurzschlußstelle
F	Erregerkreis des Motors
i	innen
j, m	Nummer/Anzahl der Spannungsquellen
k	Kurzschluß
L	Leitung
M	Motor
max, min	maximal/minimal
mec	mechanisch
N	Drehstromnetz
n	Nennwert
HV, LV	Oberspannungsseite/Unterspannungsseite
p	Spitzenwert
P	Energiekabel
Q	Anschlußpunkt eines Netzes nach IEC 60909
R	Kommutierungsdrosselspule
r	Bemessungswert
res	Restwert
S	Glättungsdrosselspule
T	Transformator
Y	Koppelzweig
0	Leerlauf/Ungedämpft