

DIN EN 60375

ICS 17.220.01

Einsprüche bis 2013-11-27
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60375:2004-04

Entwurf**Vereinbarungen für Stromkreise und magnetische Kreise
(IEC 25/464/CD:2013)**

Conventions concerning electric and magnetic circuits
(IEC 25/464/CD:2013)

Conventions concernant les circuits électriques et magnétiques
(CEI 25/464/CD:2013)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-09-27 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 online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

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

Gesamtumfang 60 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE
Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) im DIN

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Richtung geometrischer Objekte	12
4.1 Richtung einer Linie	12
4.2 Richtung einer Fläche.....	12
4.3 Pfeile senkrecht zur Zeichenebene	12
5 Richtungsregeln für den elektrischen Strom	13
5.1 Physikalische Richtung des Stroms	13
5.2 Bezugsrichtung des Stroms.....	13
5.3 Anzeige der Bezugsrichtung für Ströme.....	13
5.4 Erstes Kirchhoff-Gesetz: Der Kirchhoffsche Knotensatz.....	14
6 Polaritätsregeln für die elektrische Spannung.....	15
6.1 Physikalische Polarität einer Spannung.....	15
6.2 Bezugspolarität eines Knotenpaars.....	15
6.3 Anzeige der Bezugspolarität	15
6.4 Zweites Kirchhoff-Gesetz: Der Kirchhoffsche Maschensatz	17
7 Vereinbarungen über die Leistung	17
7.1 Anzeige für die Bezugsrichtung der Leistung.....	17
7.2 Vereinbarungen über Kopplungen	17
8 Vereinbarungen über Quellen	18
8.1 Vereinbarungen über Spannungsquellen.....	18
8.2 Vereinbarungen über Stromquellen	19
9 Vereinbarungen über passive Elemente	21
9.1 Resistives Netzwerkelement	21
9.2 Kapazitives Netzwerkelement	22
9.3 Induktives Netzwerkelement	24
10 Magnetische Kopplung von Kreisen	27
10.1 Magnetischer Fluss	27
11 Komplexe Schreibweise	27
11.1 Vereinbarungen über die komplexe Darstellung sinusförmiger Größen	27
11.2 Bezugsrichtung eines komplexen Stroms	28
11.3 Bezugspolarität einer komplexen Spannung.....	28
11.4 Komplexe Darstellung des Ohmschen Gesetzes.....	29
11.5 Vereinbarungen über die zeichnerische Darstellung von Zeigern	30
11.6 Vereinbarungen über Phasenverschiebungen	30
11.7 Vereinbarungen über Leistung	31

Bilder

Bild 1 – Orientierung einer Linie	12
Bild 2 – Orientierung einer Fläche	12
Bild 3 – Anzeige der Bezugsrichtung eines Stroms durch einen Pfeil	13
Bild 4 – Anzeige der Bezugsrichtung eines Stroms durch Indizes	13
Bild 5 – Anzeige der Bezugsrichtung von Strömen in parallelen Zweigen	14
Bild 6 – Anzeige der Bezugsrichtung für Maschenströme	14
Bild 7 – Beispiele für den Kirchhoffschen Knotensatz	15
Bild 8 – Anzeige der Bezugspolarität durch Plus- und Minuszeichen	15
Bild 9 – Vereinfachte Anzeige der Bezugspolarität durch ein Pluszeichen	16
Bild 10 – Anzeige der Bezugspolarität durch einen Pfeil	16
Bild 11 – Anzeige der Bezugspolarität durch die Knotenbezeichnung	16
Bild 12 – Vereinfachte Anzeige der Bezugspolarität durch die Knotenbezeichnung	16
Bild 13 – Beispiele für den Kirchhoffschen Maschensatz	17
Bild 14 – Bezugsrichtung für die Leistung	17
Bild 15 – Beispiele für Verbraucher-Zählpfeilsysteme	18
Bild 16 – Beispiele für Erzeuger-Zählpfeilsysteme	18
Bild 17 – Graphische Symbole für eine unabhängige Spannungsquelle	19
Bild 18 – Graphische Symbole für eine spannungsgesteuerte Spannungsquelle	19
Bild 19 – Graphische Symbole für eine stromgesteuerte Spannungsquelle	19
Bild 20 – Graphische Symbole für eine unabhängige Stromquelle	20
Bild 21 – Graphische Symbole für eine spannungsgesteuerte Stromquelle	20
Bild 22 – Graphische Symbole für eine stromgesteuerte Stromquelle	20
Bild 23 – Graphische Symbole für einen resistiven Zweipol	21
Bild 24 – Graphische Symbole für ein vierpoliges Widerstandselement	21
Bild 25 – Graphische Symbole für ein kapazitives zweipoliges Netzwerkelement	22
Bild 26 – Graphische Symbole für ein vierpoliges kapazitives Element	23
Bild 27 – Graphische Symbole für ein induktives zweipoliges Netzwerkelement	24
Bild 28 – Graphische Symbole für ein 3-toriges induktives Element	25
Bild 29 – Graphisches Symbol für den magnetischen Fluss	27
Bild 30 – Beispiele für den Kirchhoffschen Knotensatz	28
Bild 31 – Beispiele für den Kirchhoffschen Maschensatz	29
Bild 32 – Bezugsrichtungen und -polaritäten im Ohmschen Gesetz	30
Bild 33 – Graphische Darstellung eines Zeigers	30
Bild 34 – Graphische Darstellung der Phasenverschiebung	30
Bild 35 – Bezugsrichtungen für die zeitabhängige elektrische Leistung	31
Bild 36 – Bezugsrichtungen für die zeitabhängige elektrische Leistung	31

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 25/464/CD:2013 „Conventions concerning electric and magnetic circuits“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 25 „Quantities and units“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium GK 112 „Größen und Einheiten“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60375:2004-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Das Dokument wurde technisch überarbeitet;
- b) neuer Abschnitt 4 „Richtung geometrischer Objekte“;
- c) neuer Abschnitt 7 „Vereinbarungen über die Leistung“;
- d) neuer Abschnitt 10.1 „Magnetischer Fluss“;
- e) neuer Abschnitt 11.7 „Komplexe Schreibweise – Vereinbarungen über Leistung“.

Vereinbarungen für Stromkreise und magnetische Kreise

1 Anwendungsbereich

Das Hauptziel dieser Internationalen Norm sind Empfehlungen für:

1. Vereinbarungen über die Bedeutung von positiven und negativen Merkmalen von elektrischen Größen in einem Netzwerk;
2. Vereinbarungen über Methoden, mit denen in Schaltplänen mittels graphischer Symbole oder Indizes für Formelzeichen die Vorzeichenregeln für die in Ziffer 1 angeführten Größen dargestellt werden.

In den Abschnitten 3 bis 10 ist die Zeitabhängigkeit beliebig. In Abschnitt 11 werden die Regeln und Empfehlungen für die komplexe Schreibweise im Einzelnen behandelt.

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).

IEC 60050-121:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 121: Electromagnetism*

IEC 60050-121:1998/A1:2002, *International Electrical Vocabulary (IEV) – Part 121: Electromagnetism*

IEC 60050-121:1998/A2:2008, *International Electrical Vocabulary (IEV) – Part 121: Electromagnetism*

IEC 60050-131:2002, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 131: Circuit theory*

IEC 60050-131:2002/A1:2008-09, *International Electrical Vocabulary (IEV) – Part 131: Circuit theory*

IEC 60617-DB-12M: 2012, *Graphical symbols for diagrams*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

Richtung (einer Kurve)

für eine Kurve, die durch den Ortsvektor $\vec{r}(u)$ beschrieben wird, Eigenschaft, die mit zunehmenden oder abnehmenden Werten des Parameters u verknüpft ist

[IEV 102-04-19]

Richtung (einer Fläche)

für eine Fläche, die an jedem Punkt eine Tangentialebene hat, Eigenschaft, die bestimmt wird durch die von Punkt zu Punkt kontinuierlich fortgesetzte Wahl eines der beiden Einsektoren, die an dem Punkt normal stehen

[IEV 102-04-36]

positive elektrische Ladung

elektrische Ladung mit dem gleichen Vorzeichen wie die Ladung, die nach Übereinkunft dem Proton zugeordnet ist

[IEV 113-02-12]

elektrische Ladung

additive skalare Größe, gebunden an Elementarteilchen und makroskopische Körper, die deren elektromagnetische Wechselwirkungen kennzeichnet

[IEV 121-11-01]

quasi-infinitesimal

definiert bei einem System von im Raum verteilten Einzelteilchen die Länge, den Flächeninhalt oder das Volumen eines Raumelements, dessen Abmessungen im Vergleich zu den Abmessungen des betrachteten Gesamtsystems klein sind, aber so groß, dass das Raumelement eine große Anzahl der Einzelteilchen enthält, und kennzeichnet auch eine extensive Größe, wenn sie über alle Einzelteilchen eines solchen Raumelements aufsummiert ist

[IEV 121-11-06]

Strom ^{N1)}

skalare Größe gleich dem Fluss der Leitungsstromdichte $\vec{J}$ durch eine gegebene gerichtete Fläche S:

$$I = \int_S \vec{J} \cdot \vec{e}_n dA ;$$

dabei ist $\vec{e}_n dA$ das vektorielle Flächenelement

[IEV 121-11-13]

Integralgröße (auf dem Gebiet des Elektromagnetismus)

Linien-, Flächen- oder Volumenintegral einer Größe, die zu einem elektromagnetischen Feld gehört

[IEV 131-11-01]

Netzwerktheorie

Lehre von den elektrischen und magnetischen Systemen, in der die elektrischen und magnetischen Phänomene mit Hilfe von Integralgrößen beschrieben werden

[IEV 131-11-02]

Netzwerkelement

mathematisches Modell auf dem Gebiet des Elektromagnetismus für eine Einrichtung, die durch eine oder mehrere Beziehungen zwischen Integralgrößen gekennzeichnet ist

[IEV 131-11-03]

elektrisches Netzwerkelement

Netzwerkelement, bei dem ausschließlich Beziehungen zwischen elektrischen Integralgrößen betrachtet werden

[IEV 131-11-04]

Netzwerk

Menge von miteinander verbundenen Netzwerkelementen

[IEV 131-11-06]

^{N1)} Nationale Fußnote: Die Benennung „Strom“ wird auch verwendet, um das Phänomen des Fließens elektrischer Ladungsträger zu bezeichnen.

elektrisches Netzwerk

Netzwerk, das ausschließlich aus elektrischen Netzwerkelementen besteht

[IEV 131-11-07]

Pol

Anschlusspunkt

Anschluss

Stelle zum Verbinden eines elektrischen Netzwerkelements, eines elektrischen Netzwerks oder eines Netzwerks (IEC 60050-131:2002, 131-13-03) mit anderen elektrischen Netzwerkelementen, elektrischen Netzwerken oder Netzwerken

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem elektrischen Netzwerkelement sind die Pole die Punkte, an denen oder zwischen denen die Integralgrößen definiert werden. An jedem Pol existiert nur ein einziger elektrischer Strom, der von außen in das Netzwerkelement gerichtet ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Begriffe „Pol“ und „Anschluss“ in IEC 60050-151 haben eine verwandte Bedeutung.

[IEV 131-11-11]

mehrpilig

n -pilig

bezeichnet ein elektrisches Netzwerkelement, ein elektrisches Netzwerk oder ein Netzwerk (131-13-03) mit Polen, wobei n im Allgemeinen größer als zwei ist

[IEV 131-11-12]

mehrpiliges Netzwerkelement

n -piliges Netzwerkelement

elektrisches Netzwerkelement mit n Polen, wobei n im Allgemeinen größer als zwei ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einem n -piligen elektrischen Netzwerkelement ist

1. die algebraische Summe der elektrischen Stromstärken in das Element durch die Pole zu jedem Zeitpunkt gleich null,
2. und es gibt $n - 1$ voneinander unabhängige Beziehungen zwischen den Integralgrößen.

[IEV 131-11-13]

Mehrpol

mehrpiliges elektrisches Netzwerk

n -piliges elektrisches Netzwerk

elektrisches Netzwerk mit n Polen, wobei n im Allgemeinen größer als zwei ist

[IEV 131-11-14]

zweipiliges Netzwerkelement ^{N2)}

elektrisches Netzwerkelement mit zwei Polen

[IEV 131-11-16]

Zeiger

Darstellung einer sinusförmigen Integralgröße durch eine komplexe Größe, deren Argument gleich dem Nullphasenwinkel und deren Betrag gleich dem Effektivwert ist

[IEV 131-11-26]

^{N2)} Nationale Fußnote: Die Benennung „Zweipol“ [IEV 131-11-15] wird an vielen Stellen verwendet, ohne dass es in den Abschnitt 3 aufgenommen wurde; dies muss nachgeholt werden.

Stromrichtung

nach Übereinkunft die Richtung des Fließens positiver elektrischer Ladungsträger zwischen zwei Polen

[IEV 131-11-29]

passiv

bezeichnet ein Netzwerkelement oder ein Netzwerk, für das das Integral der Momentanleistung über ein Zeitintervall, das zu einem Zeitpunkt vor dem ersten Zuschalten elektrischer Energie beginnt, nicht negativ sein kann

[IEV 131-11-34]

komplexe Leistung**komplexe Scheinleistung**

bei Sinusvorgängen das Produkt Zeiger $\underline{U}$, der die elektrische Spannung zwischen den Polen eines linearen zweipoligen Netzwerkelements oder Zweipols darstellt, mal Konjugierte des Zeigers $\underline{I}$, der die elektrische Stromstärke in dem Element oder dem Zweipol darstellt: $\underline{S} = \underline{U} \underline{I}^*$

[IEV 131-11-39]

Scheinleistung

Produkt Effektivwert der elektrischen Spannung U zwischen den Polen eines zweipoligen Netzwerkelements oder Zweipols mal Effektivwert der elektrischen Stromstärke I in dem Element oder dem Zweipol:
 $P = UI$

[IEV 131-11-41]

Wirkleistung

bei periodischen Bedingungen der Mittelwert der Momentanleistung p über eine Periode T :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p \, dt$$

[IEV 131-11-42]

Blindleistung

bei einem linearen zweipoligen Netzwerkelement oder Zweipol und bei Sinusvorgängen Größe gleich dem Produkt Scheinleistung S mal Sinus des Phasenverschiebungswinkels φ

[IEV 131-11-44]

Spannung-Strom-Phasenverschiebungswinkel**Phasenverschiebungswinkel**

bei Sinusvorgängen die Phasenverschiebung zwischen der elektrischen Spannung an einem linearen zweipoligen Netzwerkelement oder einem linearen Zweipol und der elektrischen Stromstärke in dem Netzwerkelement oder dem Zweipol

[IEV 131-11-48]

elektrische Spannung (in der Netzwerktheorie)**Spannung** (in der Netzwerktheorie)

zwischen zwei Polen A und B die Größe u_{AB} gleich der Differenz der elektrischen Potentiale v_A an A und v_B an B: $u_{AB} = v_A - v_B$

[IEV 131-11-56]

mehrpoliges Widerstandselement

***n*-poliges Widerstandselement**

passives mehrpoliges Netzwerkelement, das durch funktionelle Beziehungen zwischen der elektrischen Spannung an zwei beliebigen Polen und der elektrischen Stromstärke in den Polen gekennzeichnet ist

[IEV 131-12-01]

zweipoliges Widerstandselement

passives zweipoliges Netzwerkelement, das durch eine funktionelle Beziehung zwischen der elektrischen Spannung an den Polen und der elektrischen Stromstärke in dem Element gekennzeichnet ist

[IEV 131-12-02]

ohmscher Widerstand

idealer Widerstand

lineares zweipoliges Widerstandselement

[IEV 131-12-03]

Widerstandswert

Widerstand

Resistanz (1)

bei einem zweipoligen Widerstandselement oder einem Zweipol aus Widerstandselementen mit den Polen A und B der Quotient elektrische Spannung u_{AB} [131-11-56] zwischen den Polen durch elektrische Stromstärke i in dem Element oder dem Zweipol:

$$R = \frac{u_{AB}}{i}$$

dabei ist die elektrische Stromstärke positiv, wenn die Richtung des Stroms von A nach B geht und negativ im umgekehrten Fall

[IEV 131-12-04]

Leitwert

Konduktanz (1)

bei einem zweipoligen Widerstandselement oder einem Zweipol aus Widerstandselementen mit den Polen A und B der Quotient elektrische Stromstärke i in dem Element oder dem Zweipol durch elektrische Spannung u_{AB} [131-11-56] zwischen den Polen:

$$G = \frac{i}{u_{AB}}$$

dabei ist die elektrische Stromstärke positiv, wenn die Richtung des Stroms von A nach B geht und negativ im umgekehrten Fall

[IEV 131-12-06]

mehrpoliges kapazitives Element

***n*-poliges kapazitives Element**

passives mehrpoliges Netzwerkelement, das durch $n - 1$ funktionale Beziehungen zwischen den Spannungen [131-11-56] zwischen jedem von $n - 1$ Polen und dem verbleibenden Pol einerseits und den elektrischen Ladungen [131-12-11] an den $n - 1$ Polen andererseits gekennzeichnet ist

[IEV 131-12-09]

zweipoliges kapazitives Element

passives zweipoliges Netzwerkelement, das durch eine funktionelle Beziehung zwischen der elektrischen Spannung an den Polen und dem Zeitintegral der elektrischen Stromstärke in dem Element gekennzeichnet ist

[IEV 131-12-10]

induktives Element mit m Polpaaren

passives Netzwerkelement mit m Polpaaren, das durch funktionale Beziehungen zwischen den Augenblickswerten der Stromstärken an allen Polpaaren und dem verketteten Fluss zwischen den Polen jedes einzelnen Paares gekennzeichnet ist

[IEV 131-12-15]

zweipoliges induktives Element

passives zweipoliges Netzwerkelement, das durch eine funktionelle Beziehung zwischen der elektrischen Stromstärke in dem Element und dem Zeitintegral der elektrischen Spannung zwischen den Polen gekennzeichnet ist

[IEV 131-12-16]

verketteter Fluss (in der Netzwerktheorie)

zeitliches Integral der Spannung u_{AB} [131-11-56] zwischen den Polen A und B eines zwei- oder mehrpoligen

Netzwerkelements: $\Psi(t) = \int_{t_0}^t u_{AB} dt$;

dabei ist t_0 ein beliebiger Zeitpunkt vor dem ersten Zuschalten elektrischer Energie

[IEV 131-12-17]

ideale Spannungsquelle

zweipoliges Netzwerkelement, bei dem die elektrische Spannung zwischen seinen Polen unabhängig von der elektrischen Stromstärke in dem Element ist

[IEV 131-12-21]

ideale Stromquelle

zweipoliges Netzwerkelement, bei dem die elektrische Stromstärke unabhängig von der elektrischen Spannung zwischen seinen Polen ist

[IEV 131-12-23]

unabhängige Quelle

ideale Spannungsquelle oder ideale Stromquelle, deren Ausgangsgröße unabhängig von allen äußeren elektrischen Spannungen oder elektrischen Stromstärken ist

[IEV 131-12-25]

gesteuerte Quelle

ideale Spannungsquelle oder ideale Stromquelle, deren Ausgangsgröße von einer äußeren elektrischen Spannung oder einer äußeren elektrischen Stromstärke abhängt

[IEV 131-12-26]

Kopplung (in der Netzwerktheorie)

Wechselwirkung zwischen Netzwerkelementen, gekennzeichnet durch eine Beziehung zwischen einer Integralgröße in einem Element und einer Integralgröße in einem anderen Element

[IEV 131-12-30]

Netzwerk (in der Netzwerktopologie)

in der Netzwerktopologie Menge von idealen Netzwerkelementen und ihren Verbindungen untereinander, die als ein Ganzes betrachtet werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „elektrisches Netzwerk“ ist definiert in IEC 60050-151.

Anmerkung 2 zum Begriff In dieser Norm stellt eine Box nach IEC 60617 jedes beliebige Netzwerk dar, soweit nicht anderweitig ^{N3)} angegeben.

[IEV 131-13-03]

Zweig

Teilmenge eines Netzwerks, die als Zweipol betrachtet wird und aus einem Netzwerkelement oder einer Kombination von Netzwerkelementen besteht

[IEV 131-13-06]

Knoten

Endpunkt eines Zweiges, der mit einem oder mehreren anderen Knoten verbunden oder nicht verbunden ist

[IEV 131-13-07]

Masche

Schleife

geschlossener Pfad, in dem jeder Knoten nur einmal durchlaufen wird

[IEV 131-13-12]

Baum

Menge zusammenhängender Zweige, die sämtliche Knoten eines Netzwerks verbindet, ohne dass eine Masche gebildet wird

[IEV 131-13-13]

Baumkomplement

Co-Baum

Menge der Zweige eines Netzwerks, die in einem gewählten Baum nicht enthalten sind

[IEV 131-13-14]

Verbindungszweig

Saite

Zweig eines Baumkomplements

[IEV 131-13-15]

Fundamentalmasche

Menge von Zweigen, die eine Masche bildet und nur einen Verbindungszweig eines gegebenen Baumkomplements enthält

[IEV 131-13-16]

^{N3)} Nationale Fußnote: Diese Anmerkung ist im aktuellen Eintrag nicht mehr enthalten und muss im Original gestrichen werden.

erstes Kirchhoff-Gesetz**Knotensatz**

Theorem der Netzwerktheorie, nach dem die algebraische Summe der Zweigströme bezogen auf jeden beliebigen Knoten eines Netzwerks gleich null ist

[IEV 131-15-09]

zweites Kirchhoff-Gesetz**Maschensatz**

Theorem der Netzwerktheorie, nach dem entlang jedem geschlossenen Pfad in einem Netzwerk die algebraische Summe der elektrischen Spannungen an den Polen der passiven Netzwerkelemente und der Quellenspannungen gleich null ist

[IEV 131-15-10]

4 Richtung geometrischer Objekte

4.1 Richtung einer Linie ^{N4)}

Jeder Linie (Kurve) kann eine beliebige Richtung zugeordnet werden. Diese Richtung wird gewöhnlich durch einen Pfeil angezeigt. Das gilt sowohl für Linien (Kurven) von einem Punkt zu einem anderen (Bild 1a), als auch für geschlossene Linienzüge (Kurven) (Bild 1b).



Bild 1a

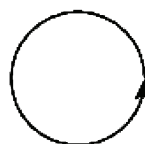


Bild 1b

Bild 1 – Orientierung einer Linie ^{N4)}

4.2 Richtung einer Fläche

Ein Flächenelement hat in der mathematischen Physik zwei Seiten, denen man eine beliebige Richtung zuordnen kann. Diese Richtung wird üblicherweise durch einen Pfeil angezeigt. Dies gilt sowohl für Flächen, die von einer Kurve berandet sind als auch für geschlossene Flächen. Im Fall der geschlossenen Fläche wird die Richtung normalerweise weg von dem umschlossenen Volumenbereich angenommen.

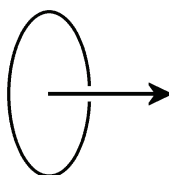


Bild 2 – Orientierung einer Fläche

4.3 Pfeile senkrecht zur Zeichenebene

Es ist offensichtlich, dass man die Richtung von Pfeilen, die senkrecht zur Zeichenebene stehen, nicht erkennen kann. Aus diesem Grund sind zwei zusätzliche Symbole zu definieren. Ein Pfeil, der vom

^{N4)} Nationale Fußnote: In IEV 102-04-19 wird anstelle von „Linie (en: line)“ der Begriff „Kurve (en: curve)“ verwendet, der zutreffender ist.

Betrachter weg weist, wird durch einen kleinen Kreis mit einem liegenden Kreuz dargestellt $\otimes$ ^{N5)}. Ein Pfeil, der auf den Betrachter hin weist, wird durch einen kleinen Kreis mit einem zentrierten Punkt dargestellt $\odot$ ^{N6)}.

5 Richtungsregeln für den elektrischen Strom

5.1 Physikalische Richtung des Stroms

Die Nettobewegung elektrischer Ladungsträger durch eine Fläche wird als elektrischer Strom bezeichnet. Nach Übereinkunft ist die physikalische Richtung der Stromstärke i definiert als die Richtung, in der sich positive Ladungen bewegen. Wenn die quasi-infinitesimale Ladung dq in der Dauer dt durch eine vorgegebene Fläche tritt, z. B. durch den Querschnitt eines Leiters, ist die elektrische Stromstärke

$$i = \frac{dq}{dt}.$$

5.2 Bezugsrichtung des Stroms

Die Bezugsrichtung des Stroms in einem Zweig oder einer Masche ist eine Richtung, die entlang des Zweiges oder der Masche willkürlich festgelegt wird. Ein Strom wird als positiv angesehen, wenn seine physikalische Richtung mit der Bezugsrichtung übereinstimmt.

5.3 Anzeige der Bezugsrichtung für Ströme

5.3.1 Anzeige der Bezugsrichtung für Ströme eines Zweiges

In einem Schaltbild wird die Bezugsrichtung eines Zweiges durch einen Pfeil angegeben. Dieser kann sich auf der Linie befinden (Bild 3a und 3b) oder neben der Linie, die den Leiter in diesem Zweig darstellt (Bild 3c), oder neben dem Zweig (Bild 3d).

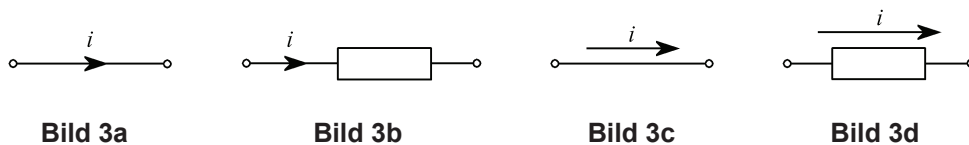


Bild 3 – Anzeige der Bezugsrichtung eines Stroms durch einen Pfeil

Eine andere Möglichkeit wäre, den Enden eines Zweiges ein Zeichen (Buchstabe, Zeichen o.ä.) zuzuordnen, wie im Fall eines Leiters mit jedem Abschnitt^{N7)}. Dieses Zeichenpaar wird als Doppelindex dem Formelzeichen für den Strom hinzugefügt (Bild 4); der führende Index entspricht dem Ende, der zweite der Spitze des Pfeils.

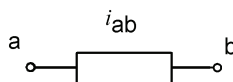


Bild 4 – Anzeige der Bezugsrichtung eines Stroms durch Indizes

Im Fall von parallelen Zweigen müssen besondere Vorkehrungen zur Vermeidung von Missverständnissen getroffen werden (Bild 5).

^{N5)} Nationale Fußnote: Unicode U+2A02.

^{N6)} Nationale Fußnote: Unicode U+2A00.

^{N7)} Nationale Fußnote: Dieser Satz ist unverständlich; EN: „as in the case of conductors with any section“.

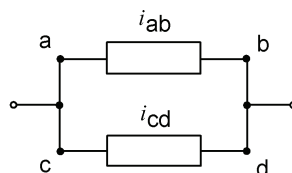


Bild 5 – Anzeige der Bezugsrichtung von Strömen in parallelen Zweigen

Es muss beachtet werden, dass die Art der Bezugsrichtung in einem Zweig, sei es durch Anzeige mit einem Pfeil oder mit Indizes, rein geometrisch und keinesfalls elektrisch ist. Die Bedeutung bleibt, auch wenn kein Strom fließt. Sie kann willkürlich gewählt werden, aber sie sollte nie wieder geändert werden, nachdem sie einmal gewählt worden ist.

5.3.2 Anzeige der Bezugsrichtung für Maschenströme

Um in einem Schaltbild die Bezugsrichtung des Stroms rund um die Masche anzugeben, wird ein gekrümmter Pfeil mit entsprechender Richtung in die Masche eingefügt, sodass er ihrem Verlauf folgt. Bild 6 zeigt an einem Beispiel die Beziehung zwischen Maschenströmen und Zweigströmen.

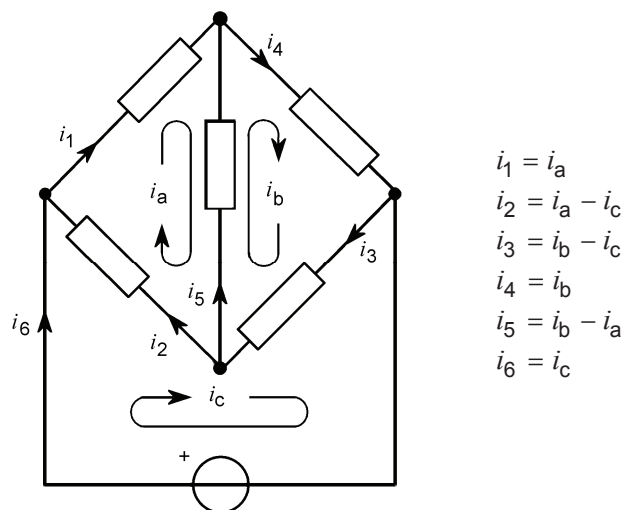


Bild 6 – Anzeige der Bezugsrichtung für Maschenströme

5.4 Erstes Kirchhoff-Gesetz: Der Kirchhoffsche Knotensatz

Der Kirchhoffsche Knotensatz besagt:

Die algebraische Summe der Zweigströme bezogen auf jeden beliebigen Knoten eines elektrischen Netzwerks ist null (siehe IEC 60050-131:2002, 131-15-09). Mit den Strömen, die in Bild 7a definiert sind, lautet der Kirchhoffsche Knotensatz für den zentralen Knoten:

$$i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = 0$$

Wenn die Bezugsrichtung eines Stroms, zum Beispiel des Stroms i_3 im Bild 7b, als vom Knoten wegweisend gewählt wird, dann muss der entsprechende Strom das entgegengesetzte Vorzeichen haben. Für diesen Fall lautet der Kirchhoffsche Knotensatz:

$$i_1 + i_2 - i_3 + i_4 = 0$$

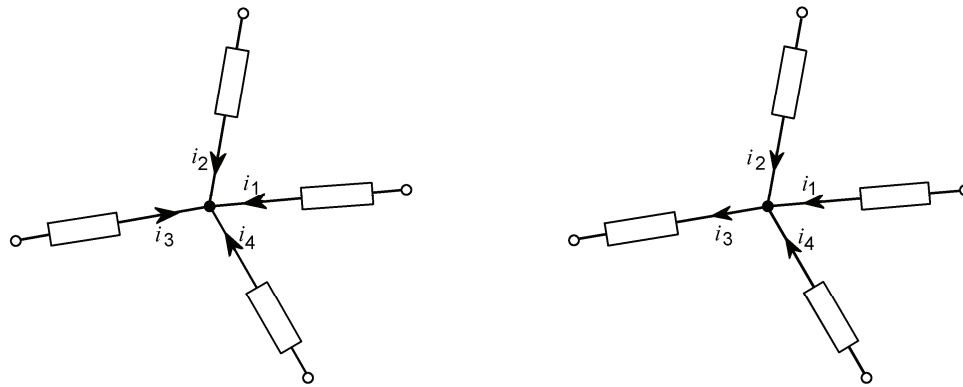


Bild 7 – Beispiele für den Kirchhoffschen Knotensatz

6 Polaritätsregeln für die elektrische Spannung

6.1 Physikalische Polarität einer Spannung

In einem elektrischen Netzwerk ist die Spannung zwischen zwei bestimmten Knoten (a und b) gleich der Differenz der elektrischen Potentiale an den Knoten a und b.

6.2 Bezugspolarität eines Knotenpaars

Die Polarität eines Knotenpaars wird durch die Reihenfolge der Knoten bestimmt. Die Bezugspolarität darf willkürlich gewählt werden.

Für zwei Knoten a und b mit der Reihenfolge ab ist die Polarität der Spannung u_{ab} als $u_{ab} = V_a - V_b$ definiert; dabei sind V_a und V_b die elektrischen Potentiale an den Knoten a bzw. b.

6.3 Anzeige der Bezugspolarität

Erstes Verfahren:

Die Bezugspolarität der Spannung wird durch eine gerade oder gekrümmte Linie gekennzeichnet, mit einem Pluszeichen (+) an dem Knoten, der in der Reihenfolge der Knoten zuerst kommt (a bei ab). Wenn erforderlich, kann ein Minuszeichen am anderen Ende der Linie angebracht werden. Das die Spannung kennzeichnende Formelzeichen wird dicht neben die Linie gesetzt (siehe Bild 8).

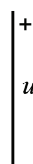


Bild 8a

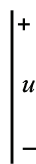


Bild 8b

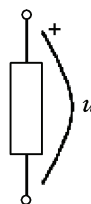


Bild 8c

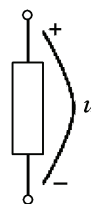
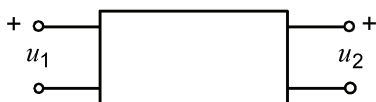


Bild 8d

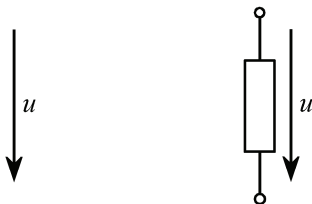
Bild 8 – Anzeige der Bezugspolarität durch Plus- und Minuszeichen ^{N8)}

Die Linie kann weggelassen werden, wenn bei der paarweisen Anordnung der Klemmen keine Unklarheit auftritt. Das ist der Fall für die Anzeige einer Spannung an einem Zweitor (siehe Bild 9).

^{N8)} Nationale Fußnote: Der Bezug vom Text zum Bild 8 ist nicht offensichtlich, da im Bild die Kontennamen a und b nicht angegeben werden.

**Bild 9 – Vereinfachte Anzeige der Bezugspolarität durch ein Pluszeichen***Zweites Verfahren:*

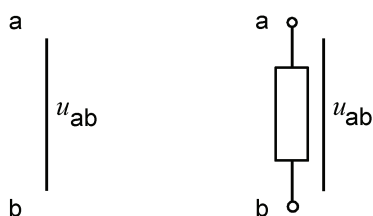
Die Bezugspolarität der Spannung wird durch einen Pfeil angezeigt, der entsprechend der Reihenfolge der Knoten vom ersten zum zweiten (im Fall von „ab“ von a nach b) zeigt. Das Formelzeichen für die Spannung wird dicht neben den Pfeil gesetzt (siehe Bild 10).

**Bild 10a****Bild 10b****Bild 10 – Anzeige der Bezugspolarität durch einen Pfeil ^{N9)}**

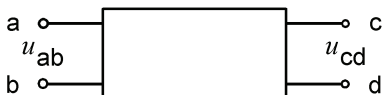
ANMERKUNG Die Verwendung eines Pfeils mit der Spitze an der Stelle des höheren Potentials wird nicht empfohlen. Diese Kennzeichnungsmethode wird allerdings oft verwendet. Wenn ein Autor sie anwenden möchte, sollte er dies deutlich im Text ansprechen.

Drittes Verfahren:

Die Bezugspolarität einer Spannung wird durch einen Doppelindex an dem Formelzeichen, das die Spannung darstellt, angezeigt; dabei entspricht der erste Index dem Knoten, der in der Reihenfolge zuerst kommt (a bei ab). Dies bedeutet, dass $u_{ab} = V_a - V_b$ ist. Wie beim ersten Verfahren wird das Formelzeichen dicht neben eine gerade oder gekrümmte Linie zwischen den beiden Knoten gesetzt (siehe Bild 11).

**Bild 11a****Bild 11b****Bild 11 – Anzeige der Bezugspolarität durch die Knotenbezeichnung**

Die Linie kann weggelassen werden, wenn bei paarweiser Anordnung der Klemmen keine Unklarheit auftritt. Das ist der Fall für die Anzeige einer Spannung an einem Zweitor (siehe Bild 12).

**Bild 12 – Vereinfachte Anzeige der Bezugspolarität durch die Knotenbezeichnung**

^{N9)} Nationale Fußnote: Der Bezug vom Text zum Bild 10 ist nicht offensichtlich, da im Bild die Kontennamen a und b nicht angegeben werden.

6.4 Zweites Kirchhoff-Gesetz: Der Kirchhoffsche Maschensatz

Der Kirchhoffsche Maschensatz besagt:

Längs eines geschlossenen Pfades in einem elektrischen Netzwerk ist die algebraische Summe der Spannungen an den Polen der Zweige null. Die Spannungen müssen mit dem Vorzeichen eingesetzt werden, das ihrer Bezugspolarität im Verhältnis zum Umlaufsinn entspricht.

Das bedeutet: Wenn alle Bezugspolaritäten in derselben Umlaufrichtung um die Masche definiert sind, wie in Bild 13a, dann ist $u_{ab} + u_{bc} + u_{cd} + u_{da} = 0$.

Wenn einige der Bezugspolaritäten in entgegengesetzter Richtung definiert sind, müssen die entsprechenden Spannungen das entgegengesetzte Vorzeichen besitzen. In Bild 13b ergibt der Kirchhoffsche Maschensatz $u_{ab} - u_{cb} - u_{dc} + u_{da} = 0$.

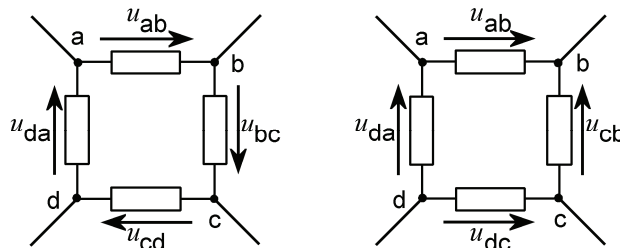


Bild 13a

Bild 13b

Bild 13 – Beispiele für den Kirchhoffschen Maschensatz

7 Vereinbarungen über die Leistung

7.1 Anzeige für die Bezugsrichtung der Leistung

Die Bezugsrichtung einer Leistung wird in einem Diagramm durch einen Pfeil angezeigt, der eine entsprechende Richtung hat. Im Fall eines Bereichs, wird der Pfeil an diese Region angeheftet, die durch eine gestrichelte Linie begrenzt sein kann (siehe Bild 14a). Im Fall eines Tors wird der Pfeil zwischen die Anschlussleitungen gesetzt (siehe Bild 14b).

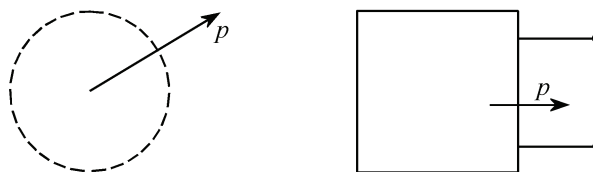


Bild 14 – Bezugsrichtung für die Leistung

7.2 Vereinbarungen über Kopplungen ^{N10)}

Bei einem Tor kann eine Bezugsrichtung für den Strom, die Spannung und die Leistung jeweils beliebig gewählt werden. Das beutet insgesamt acht Möglichkeiten, von denen vier vermieden werden sollten, da sie zu der Beziehung $p = -ui$ führen würden.

^{N10)} Nationale Fußnote: Im Original heißt es „Coupled conventions“, was wenig Sinn macht.

7.2.1 Das Verbraucher-Zählfeilsystem (motorbezogene Vereinbarung)

Das Verbraucher-Zählfeilsystem ist eine Gruppe von Bezugsvereinbarungen für ein Tor, bei denen die Bezugsrichtung für den Strom an dem Anschluss in das Element eintritt, welches das höchste Bezugspotential hat, und bei dem die Bezugsrichtung für die Leistung in das Element hinein weist (siehe Bild 15).

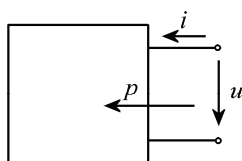


Bild 15a

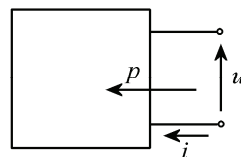


Bild 15b

Bild 15 – Beispiele für Verbraucher-Zählfeilsysteme

In einigen Fällen ist die Bezugsrichtung für die Leistung offensichtlich und wird nicht angegeben.

7.2.2 Das Erzeuger-Zählfeilsystem (generatorbezogene Vereinbarung)

Das Erzeuger-Zählfeilsystem ist eine Gruppe von Bezugsvereinbarungen für ein Tor, bei denen die Bezugsrichtung für den Strom an dem Anschluss aus dem Element heraus tritt, welches das höchste Bezugspotential hat, und die Bezugsrichtung für die Leistung aus dem Element heraus ^{N11)} weist (siehe Bild 16).

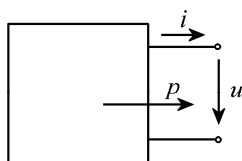


Bild 16a

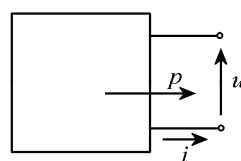


Bild 16b

Bild 16 – Beispiele für Erzeuger-Zählfeilsysteme

In einigen Fällen ist die Bezugsrichtung für die Leistung offensichtlich und wird nicht angegeben.

8 Vereinbarungen über Quellen

8.1 Vereinbarungen über Spannungsquellen

8.1.1 Unabhängige Spannungsquellen

Eine unabhängige Spannungsquelle ist ein aktiver Zweipol, für den die Quellenspannung zwischen seinen Polen (definiert in 3.1 ^{N12)}) unabhängig von der Stromstärke in dem Element und unabhängig von irgendeiner äußeren elektrischen Spannung oder Stromstärke ist.

Das Formelzeichen für die Quellenspannung einer unabhängigen Spannungsquelle ist u_s ; zwei graphische Symbole dafür werden in Bild 17 dargestellt. Ein Pluszeichen bei der Spannungsquelle legt die Polarität der Anschlüsse zur Angabe der Quellenspannung fest.

^{N11)} Nationale Fußnote: Hier scheint im Original ein Schreibfehler zu sein, der die Bezugsrichtung für den Strom wieder hinein weisen lässt. Dies wurde hier korrigiert.

^{N12)} Nationale Fußnote: Den Abschnitt 3.1 gibt es nicht.