

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Conventions concerning electric circuits

Conventions concernant les circuits électriques

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60375:2018



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2018 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Conventions concerning electric circuits

Conventions concernant les circuits électriques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 01.060; 01.080.40

ISBN 978-2-8322-5597-1

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor. Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.
--

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Orientation of geometrical objects	15
4.1 Orientation of a curve	15
4.2 Orientation of a surface.....	15
4.3 Arrows perpendicular to the plane of the figure	15
5 Conventions concerning currents.....	15
5.1 Physical direction of current.....	15
5.2 Reference direction of current.....	16
5.3 Indication of the reference direction for currents	16
5.3.1 Indication of the reference direction for currents for a branch	16
5.3.2 Indication of the reference direction for mesh currents.....	16
5.4 Kirchhoff law for nodes	17
6 Conventions concerning voltages	17
6.1 Physical polarity of voltage	17
6.2 Reference polarity for a pair of nodes	18
6.3 Indication of the reference polarity	18
6.3.1 First method	18
6.3.2 Second method.....	18
6.3.3 Third method	19
6.4 Kirchhoff law for meshes.....	19
7 Conventions concerning power	20
7.1 Physical direction of power	20
7.2 Reference direction of power	20
7.3 Indication of the reference direction of power.....	20
7.4 Combined conventions.....	20
7.4.1 General	20
7.4.2 Motor convention	21
7.4.3 Generator convention	21
8 Conventions concerning two-port networks.....	21
9 Conventions concerning sources	22
9.1 Conventions concerning voltage sources	22
9.1.1 Independent voltage sources	22
9.1.2 Controlled voltage sources	22
9.2 Conventions concerning current sources.....	23
9.2.1 Independent current sources	23
9.2.2 Controlled current sources.....	23
10 Conventions concerning passive elements.....	24
10.1 General conventions	24
10.2 Resistive elements.....	24
10.2.1 Resistive two-terminal elements	24
10.2.2 Resistive n -terminal elements	25
10.3 Capacitive elements.....	26
10.3.1 Capacitive two-terminal elements	26

10.3.2	Capacitive n -terminal elements	27
10.4	Inductive elements	29
10.4.1	Inductive two-terminal elements	29
10.4.2	Inductive n -port elements	30
11	Complex notation	32
11.1	General	32
11.2	Conventions concerning complex representation of sinusoidal quantities	32
11.3	Reference direction of a complex current	32
11.4	Reference polarity for a complex voltage	33
11.5	Complex representation of Ohm's law	34
11.6	Conventions concerning the graphical representation of phasors	35
11.7	Conventions concerning phase differences	35
11.8	Conventions concerning power	36
11.8.1	Time-dependent electric power	36
11.8.2	Complex power	36
	Bibliography	37
	Figure 1 – Orientation of a curve	15
	Figure 2 – Orientation of a surface	15
	Figure 3 – Indication of the reference direction for a current by an arrow	16
	Figure 4 – Indication of the reference direction using the node names	16
	Figure 5 – Indication of the reference direction for mesh currents	17
	Figure 6 – Examples of the Kirchhoff law for nodes	17
	Figure 7 – Indication of the reference polarity by means of plus and minus signs	18
	Figure 8 – Simplified indication of the reference polarity by means of plus signs	18
	Figure 9 – Indication of the reference polarity by an arrow	18
	Figure 10 – Indication of the reference polarity using the node names	19
	Figure 11 – Simplified indication of the reference polarity using the node names	19
	Figure 12 – Examples of the Kirchhoff law for meshes	20
	Figure 13 – Indication of the reference direction of power	20
	Figure 14 – Examples of motor conventions	21
	Figure 15 – Examples of generator conventions	21
	Figure 16 – A reference convention for a two-port network	22
	Figure 17 – Graphical representation of an independent voltage source	22
	Figure 18 – Graphical representation of a voltage source controlled by a voltage: $u_s = \alpha u_c$	22
	Figure 19 – Graphical representation of a voltage source controlled by a current: $u_s = \beta i_c$	23
	Figure 20 – Graphical representation of an independent current source	23
	Figure 21 – Graphical representation of a current source controlled by a voltage: $i_s = \gamma u_c$	24
	Figure 22 – Graphical representation of a current source controlled by a current: $i_s = \delta i_c$	24
	Figure 23 – Examples of graphical representations of a two-terminal resistive element	25

Figure 24 – Examples of the graphical representation of a four-terminal resistive element.....	25
Figure 25 – Examples of the graphical representation of a two-terminal capacitive element.....	26
Figure 26 – Examples of the graphical representation of a four-terminal capacitive element.....	27
Figure 27 – Examples of the graphical representation of a two-terminal inductive element.....	29
Figure 28 – Examples of the graphical representation of a three-port inductive element.....	30
Figure 29 – Examples of the Kirchhoff law for nodes in complex notation.....	33
Figure 30 – Examples of the Kirchhoff law for meshes in complex notation	34
Figure 31 – Examples of graphical representation of reference directions and polarities in Ohm's law for a complex two-terminal element.....	35
Figure 32 – Graphical representation of a phasor in the complex plane.....	35
Figure 33 – Graphical representation of phase difference in the complex plane	35
Figure 34 – Examples of the reference directions for time-dependent electric power	36
Figure 35 – Examples of the reference directions for the complex power	36

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60375:2018

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CONVENTIONS CONCERNING ELECTRIC CIRCUITS

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60375 has been prepared by IEC technical committee 25: Quantities and units, and their letter symbols.

This third edition cancels and replaces the second edition issued in 2003. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) the clause on conventions concerning magnetic circuits has been removed; accordingly the title of the document has been abbreviated to read "Conventions concerning electric circuits";
- b) text and figures have been revised and homogenised;
- c) Clause 3 has been structured into subclauses;
- d) Clause 4 – Orientation of geometrical objects – has been inserted, and thus the clause numbering has been altered.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
25/620/FDIS	25/622/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60375:2018

CONVENTIONS CONCERNING ELECTRIC CIRCUITS

1 Scope

This International Standard specifies the rules for signs and reference directions and reference polarities for electric currents and voltages in electric networks.

In Clauses 3 to 10, the time dependence is arbitrary. It is assumed that the wavelength of the highest frequency involved is larger than the largest distance between two points of the network; processes are considered to be quasi-static. Clause 11 specifies the rules and recommendations for complex notation.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* ¹

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

orientation

<of a curve> property of a curve described by the position vector $r(u)$ which is associated with increasing or decreasing values of the parameter u

[SOURCE: IEC 60050-102:2007, 102-04-19]

3.2

orientation

<of a surface> for a surface having a tangent plane at any point, property determined by the choice, continuously from point to point, of one of the two normal unit vectors at each point

[SOURCE: IEC 60050-102:2007, 102-04-36, modified – Note 1 to entry omitted.]

3.3

electric charge

additive scalar quantity, associated with elementary particles and with macroscopic matter that characterizes their electromagnetic interactions

¹ IEC 60617 is a database containing symbols referenced in the form (IEC 60617-Sxxxxx) where Sxxxxx is the identity number of the symbol.

Note 1 to entry: The (electric) charge of a capacitor is defined in IEC 60050-131:2002, 131-12-11 differently by $q = \int i(\tau) d\tau$; where it is used in this document, it is marked with this source in square brackets.

[SOURCE: IEC 60050-121:1998, 121-11-01, modified – Note 1 to entry has been replaced and Note 2 to entry has been omitted.]

3.4

positive electric charge

electric charge which is of the same sign as that attributed by convention to a proton

[SOURCE: IEC 60050-113:2011, 113-02-12]

3.5

quasi-infinitesimal

for a system of elementary entities distributed in space, qualifies the length, the area, or the volume of an element of space, all the geometrical dimensions of which are small compared with those of the system under consideration but sufficiently large for the element of space to contain a large number of elementary entities; qualifies also an extensive quantity when summed for all elementary entities within such an element of space

[SOURCE: IEC 60050-121:1998, 121-11-06, modified – Notes to entry omitted.]

3.6

electric current

current

conduction current

scalar quantity equal to the flux of the electric current density J through a given oriented surface S :

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

where $\vec{e}_n dA$ is the vector surface element

[SOURCE: IEC 60050-121:1998, 121-11-13, modified – Notes to entry omitted.]

3.7

integral quantity

line, surface or volume integral of a quantity associated with an electromagnetic field

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-01, modified – Notes to entry omitted.]

3.8

circuit theory

study of electric and magnetic systems in which the electric and magnetic phenomena are described in terms of integral quantities

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-02, modified – Note to entry omitted.]

3.9

circuit element

in electromagnetism, mathematical model of a device characterized by one or more relations between integral quantities

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-03]

3.10**electric circuit element**

circuit element for which only relations between electric integral quantities are considered

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-04]

3.11**circuit**

set of interconnected circuit elements

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-06]

3.12**electric circuit**

circuit consisting of electric circuit elements only

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-07, modified – Synonym "electric network" and notes to entry omitted.]

3.13**terminal**

point of interconnection of an electric circuit element, an electric circuit or a network with other electric circuit elements, electric circuits or networks

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-11, modified – Notes to entry omitted.]

3.14 **n -terminal**

qualifies an electric circuit element, an electric circuit or a network having n terminals with n generally greater than two

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-12]

3.15 **n -terminal circuit element**

electric circuit element having n terminals with n generally greater than two

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-13, modified – Note to entry omitted.]

3.16 **n -terminal circuit**

electric circuit having n terminals with n generally greater than two

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-14, modified – Note to entry omitted.]

3.17**two-terminal circuit**

electric circuit having two terminals

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-15]

3.18**two-terminal element**

electric circuit element having two terminals

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-16]

3.19

phasor

representation of a sinusoidal integral quantity by a complex quantity whose argument is equal to the initial phase and whose modulus is equal to the root-mean-square value

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-26, modified – Notes to entry omitted.]

3.20

direction of electric current

by convention, the direction of the net flow of positive electric charge transferred from one terminal to another terminal

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-29, modified – Note to entry omitted.]

3.21

passive

qualifies a circuit element or a circuit for which the time integral of the instantaneous power cannot be negative over any time interval beginning at an instant before the first supply of electric energy

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-34, modified – Notes to entry omitted.]

3.22

complex power

under sinusoidal conditions, product of the phasor $\underline{U}$ representing the voltage between the terminals of a linear two-terminal element or two-terminal circuit and the complex conjugate of the phasor $\underline{I}$ representing the electric current in the element or circuit: $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-39, modified – Notes to entry omitted.]

3.23

apparent power

product of the RMS voltage U between the terminals of a two-terminal element or two-terminal circuit and the RMS electric current I in the element or circuit: $S = UI$

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-41, modified – Notes to entry omitted.]

3.24

active power

under periodic conditions, mean value, taken over one period T , of the instantaneous power P :

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

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-42, modified – Notes to entry omitted.]

3.25

reactive power

for a linear two-terminal element or two-terminal circuit, under sinusoidal conditions, quantity equal to the product of the apparent power S and the sine of the displacement angle φ

$$Q = S \sin \varphi$$

[SOURCE: IEC 60050-131: 2002, 131-11-44, modified – Notes to entry omitted.]

3.26**displacement angle**

under sinusoidal conditions, phase difference between the voltage applied to a linear two-terminal element or two-terminal circuit and the electric current in the element or circuit

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-48, modified – Note to entry omitted.]

3.27**voltage**

<in circuit theory> between two terminals A and B, quantity u_{AB} equal to the difference of the electric potentials V_A at A and V_B at B:

$$u_{AB} = V_A - V_B$$

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-56, modified – Note to entry omitted.]

3.28**resistive n -terminal element**

passive n -terminal circuit element characterized by functional relations between the voltages between any two terminals and the electric currents at the terminals

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-01, modified – Note to entry omitted.]

3.29**resistive two-terminal element**

passive two-terminal element characterized by a functional relation between the voltage between the terminals and the electric current in the element

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-02, modified – Note to entry omitted.]

3.30**ideal resistor**

linear resistive two-terminal element

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-03, modified – Notes to entry omitted.]

3.31**resistance**

for a resistive two-terminal element or two-terminal circuit with terminals A and B, quotient of the voltage u_{AB} between the terminals by the electric current i in the element or circuit:

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

where the electric current is taken as positive if its direction is from A to B and negative in the opposite case

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-04, modified – Notes to entry omitted.]

3.32**conductance**

for a resistive two-terminal element or two-terminal circuit with terminals A and B, quotient of the electric current i in the element or circuit by the voltage u_{AB} between the terminals:

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

where the electric current is taken as positive if its direction is from A to B and negative in the opposite case

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-06, modified – Notes to entry omitted.]

3.33

capacitive n -terminal element

passive n -terminal circuit element characterized by $n - 1$ functional relations between the voltages between each of $n - 1$ terminals and the remaining terminal, and the electric charges [IEC 60050-131: 2002, 131-12-11] at these $n - 1$ terminals

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-09, modified – Notes to entry omitted.]

3.34

capacitive two-terminal element

passive two-terminal element characterized by a functional relation between the voltage between the terminals and the time integral of the electric current in the element

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-10, modified – Note to entry omitted.]

3.35

inductive m -terminal-pair element

passive m -terminal-pair circuit element characterized by functional relations between the instantaneous electric currents at each pair of terminals and the linked fluxes between the terminals of each pair

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-15, modified – Note to entry omitted.]

3.36

inductive two-terminal element

passive two-terminal element characterized by a functional relation between the electric current in the element and the time integral of the voltage between the terminals

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-16, modified – Note to entry omitted.]

3.37

linked flux

<in circuit theory> time integral of the voltage u_{AB} between two terminals A and B of a two-terminal or n -terminal element:

$$\psi_{AB}(t) = \int_{t_0}^t u_{AB}(\tau) d\tau$$

where t_0 is any instant before the first supply of electric energy

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-17, modified – Notes to entry omitted.]

3.38

ideal voltage source

two-terminal element for which the voltage between its terminals is independent of the electric current in the element

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-21, modified – Note to entry omitted.]

3.39**source voltage
source tension**

voltage between the terminals of an ideal voltage source

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-22, modified – Note to entry omitted.]

3.40**ideal current source**

two-terminal element for which the electric current is independent of the voltage between its terminals

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-23, modified – Note to entry omitted.]

3.41**source current**

electric current in an ideal current source

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-24]

3.42**independent source**

ideal voltage source or ideal current source, the output quantity of which does not depend on any external voltage or electric current

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-25]

3.43**controlled source**

ideal voltage source or ideal current source the output quantity of which depends on an external voltage or electric current

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-26, modified – Note to entry omitted.]

3.44**coupling**

<in circuit theory> interaction between circuit elements characterized by a relation between an integral quantity in one element and an integral quantity in another element

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-30]

3.45 **n -port
multiport**

device or network with a specified number n of separate ports

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-68, modified – Note to entry omitted.]

3.46**network**

in network topology, set of ideal circuit elements and their interconnections, considered as a whole

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-03, modified – Note to entry omitted.]

3.47

branch

subset of a network, considered as a two-terminal circuit, consisting of a circuit element or a combination of circuit elements

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-06]

3.48

node

vertex, US

end-point of a branch connected or not to one or more other branches

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-07]

3.49

loop

closed path passing only once through any node

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-12, modified – Note to entry omitted and "through any node" replaces "through every node in the path".]

3.50

tree

connected set of branches joining all the nodes of a network without forming a loop

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-13, modified – Note to entry omitted.]

3.51

co-tree

set of the branches of a network not included in a chosen tree

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-14, modified – Note to entry omitted.]

3.52

link

branch of a co-tree

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-15, modified – Note to entry omitted.]

3.53

mesh

set of branches forming a loop and containing only one link of a given co-tree

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-16, modified – Note to entry omitted.]

3.54

Kirchhoff law for nodes

circuit-theory theorem stating that the algebraic sum of the branch currents towards any node of an electric network is zero

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-15-09]

3.55

Kirchhoff law for meshes

circuit-theory theorem stating that, along any closed path in an electric network, the algebraic sum of the voltages at the terminals of the passive circuit elements and the source voltages is zero

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-15-10]

4 Orientation of geometrical objects

4.1 Orientation of a curve

An arbitrary orientation can be assigned to every curve. That orientation is usually indicated by an arrow. It applies to curves from a point "a" to another point "b" (see Figure 1a) and also to closed curves (see Figure 1b).

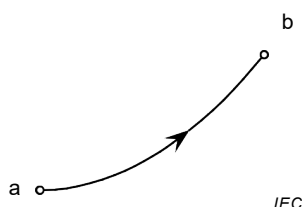


Figure 1a – Point to point curve

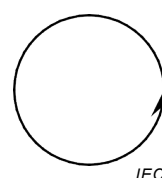


Figure 1b – Closed curve

Figure 1 – Orientation of a curve

4.2 Orientation of a surface

The parts of surfaces generally considered in mathematical physics have two sides. One can give them an arbitrary orientation. That orientation is usually indicated by an arrow. This applies to surfaces limited by a curve and also to closed surfaces. In the case of closed surfaces, the direction is normally taken as being away from the enclosed three-dimensional domain (see Figure 2).

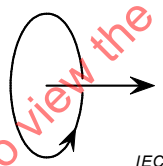


Figure 2 – Orientation of a surface

The orientation of the surface delimited by a closed curve is generally related to the orientation of the curve such that, at any point of the curve, the vector line element defining the orientation of the curve, the unit vector normal to the surface defining its orientation, and the unit vector normal to these two vectors and oriented towards the exterior of the curve, form a right-handed trihedron.

4.3 Arrows perpendicular to the plane of the figure

It is evident that one cannot read the direction of arrows that are perpendicular to the plane of the figure. For that reason, two additional symbols have to be defined. An arrow directed away from the observer is represented by a small circle with a cross $\otimes$ (U+2A02). An arrow directed to the observer is represented by a small circle with a dot $\odot$ (U+2A00).

5 Conventions concerning currents

5.1 Physical direction of current

The net flow of electric charge through a surface is referred to as electric current. By convention, the physical direction of the current i is defined as the direction corresponding to the movement of positive charge. If the quasi-infinitesimal charge dq passes through a predetermined surface, for example the cross-section of a conductor, during the duration dt the electric current is

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

NOTE The direction of electric current in metallic conductors corresponds to the opposite direction of the net flow of free carriers of negative electric charge transferred from one terminal to another terminal.

5.2 Reference direction of current

The reference direction for the current in a branch or in a mesh is a direction fixed arbitrarily along the branch or around the mesh. A current is taken positively or negatively in equations according to whether its physical direction corresponds or not to the reference direction.

5.3 Indication of the reference direction for currents

5.3.1 Indication of the reference direction for currents for a branch

In a diagram, the orientation of a branch is indicated by an arrow. This arrow can be placed on the curve (see Figures 3a and 3b), or near the curve that represents the conductor of the branch (see Figure 3c) or near the branch (see Figure 3d).

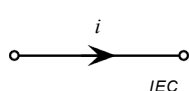


Figure 3a –
On the curve

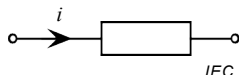


Figure 3b –
In the branch

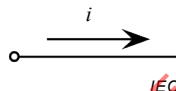


Figure 3c –
Near the curve

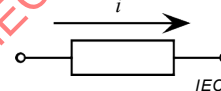


Figure 3d –
Near the branch

Figure 3 – Indication of the reference direction for a current by an arrow

Another possibility is to give a symbol (letter, figure or other) to each extremity of the branch. This pair of symbols is used for a double subscript to the letter symbol of the current (see Figure 4); the first subscript corresponds to the tail and the second subscript corresponds to the head of the arrow.

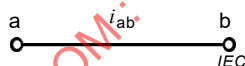


Figure 4a – Near the curve

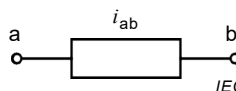


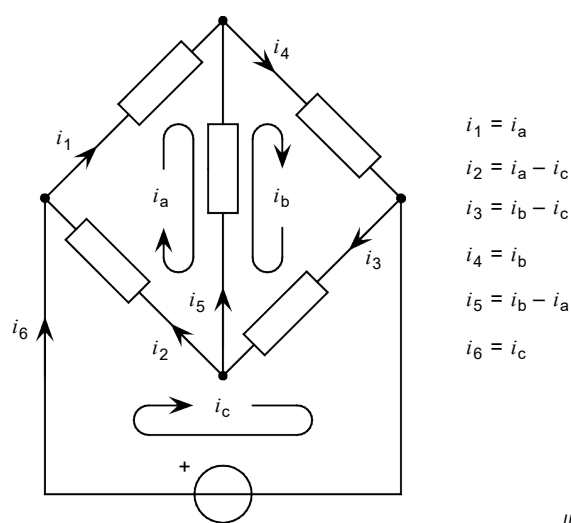
Figure 4b – Near the branch

Figure 4 – Indication of the reference direction using the node names

One should be aware that the nature of the orientation of a branch, indicated by an arrow or by a pair of subscripts, is geometrical and not electrical. It keeps its whole meaning even when no current circulates. It can be chosen arbitrarily, but it should never be changed after it has been chosen.

5.3.2 Indication of the reference direction for mesh currents

To indicate in a diagram the reference direction for the current around a mesh, a curved arrow having a corresponding direction is placed in the mesh so as to follow its contour. In Figure 5, an example shows the connection between mesh currents and branch currents.



$$\begin{aligned} i_1 &= i_a \\ i_2 &= i_a - i_c \\ i_3 &= i_b - i_c \\ i_4 &= i_b \\ i_5 &= i_b - i_a \\ i_6 &= i_c \end{aligned}$$

IEC

Figure 5 – Indication of the reference direction for mesh currents

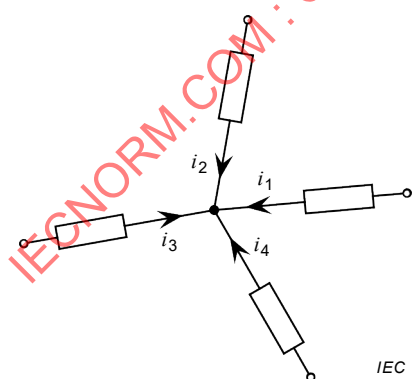
5.4 Kirchhoff law for nodes

The Kirchhoff law for nodes states that the algebraic sum of the branch currents towards any node of an electric network is zero (see 3.54). According to the currents defined in Figure 6a, this means that the Kirchhoff law for nodes applied to the central node reads

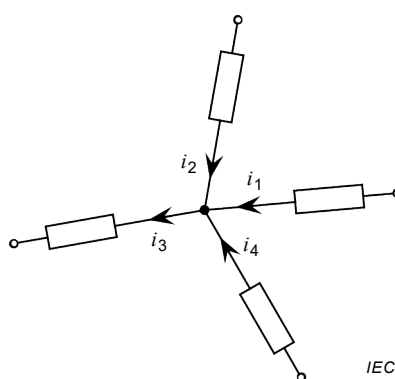
$$i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = 0$$

If the reference direction of a current, for example the current i_3 in Figure 6b, is chosen as away from the node, the corresponding current shall be taken with the opposite sign. In that case, the Kirchhoff law for nodes states:

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



IEC



IEC

Figure 6a – All currents towards node Figure 6b – One current away from node

Figure 6 – Examples of the Kirchhoff law for nodes

6 Conventions concerning voltages

6.1 Physical polarity of voltage

In an electric network, a voltage between two ordered nodes, "a" and "b", is the difference of the electric potentials at node "a" and node "b".

For two nodes, "a" and "b", with the ordering "ab", the voltage u_{ab} is defined as $u_{ab} = V_a - V_b$, where V_a and V_b are the electric potentials at the nodes "a" and "b", respectively.

A voltage is taken positively or negatively in equations according to whether its physical polarity corresponds or not to the reference polarity.

6.2 Reference polarity for a pair of nodes

The polarity of a pair of nodes is determined by the ordering of the nodes. The reference polarity may be chosen arbitrarily.

6.3 Indication of the reference polarity

6.3.1 First method

The reference polarity for a voltage is indicated by a line, straight or curved, with a plus sign (+) at the node that comes first in the ordering of the nodes ("a" in "ab"). If wanted, a minus sign may be attached to the other end of the line. The letter symbol representing the voltage is placed close to the line (see Figure 7).

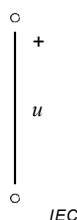


Figure 7a – Reference polarity indicated at one node

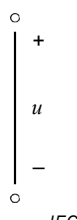


Figure 7b – Reference polarity indicated at both nodes

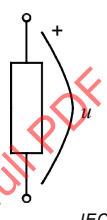


Figure 7c – Reference polarity indicated on a branch

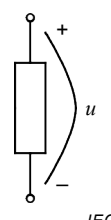


Figure 7d – Reference polarity indicated twice on a branch

Figure 7 – Indication of the reference polarity by means of plus and minus signs

The line may be omitted if there is no ambiguity in the grouping of nodes in terminal-pairs. This is the case for indicating a voltage in a two-port network (see Figure 8).

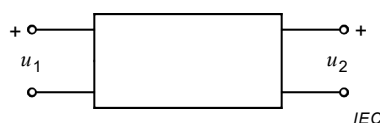


Figure 8 – Simplified indication of the reference polarity by means of plus signs

6.3.2 Second method

The reference polarity of the voltage is indicated by an arrow with its tail at the node that comes first in the ordering of the nodes ("a" in "ab"). The letter symbol representing the voltage is placed close to the arrow (see Figure 9).

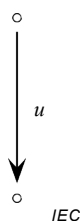


Figure 9a – Near the curve

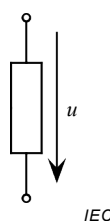


Figure 9b – Near the branch

Figure 9 – Indication of the reference polarity by an arrow

The use of the arrow with its head at the point of higher potential is not recommended. This method is, however, often employed. If an author wishes to use it, he or she should make this clear in the text.

6.3.3 Third method

The reference polarity for a voltage is indicated by a double subscript attached to the letter symbol representing the voltage, the first subscript being understood to correspond to the node that comes first in the ordering ("a" in "ab"). This means that $u_{ab} = V_a - V_b$. Like in the first method, the letter symbol is placed close to a straight or curved line between the two nodes (see Figure 10).

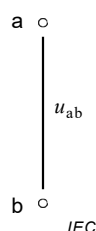


Figure 10a – Near the curve

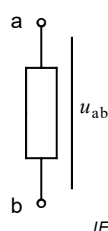


Figure 10b – Near the branch

Figure 10 – Indication of the reference polarity using the node names

The line may be omitted if there is no ambiguity in the grouping of nodes in terminal-pairs. This is the case for indicating a voltage in a two-port network (see Figure 11).



Figure 11 – Simplified indication of the reference polarity using the node names

6.4 Kirchhoff law for meshes

The Kirchhoff law for meshes states that, along any closed path in an electric network, the algebraic sum of the voltages at the terminals of the branches is zero. The voltages shall be taken with the sign corresponding to their reference polarities in relation to the direction in which the mesh is traversed.

This means that if all reference polarities are defined in the same direction around the mesh, as in Figure 12a, then

$$u_{ab} + u_{bc} + u_{cd} + u_{da} = 0$$

If some of the reference polarities are defined in the opposite direction, the corresponding voltages shall be taken with the opposite sign. In Figure 12b, the Kirchhoff law for meshes gives

$$u_{ab} - u_{cb} - u_{dc} + u_{da} = 0$$

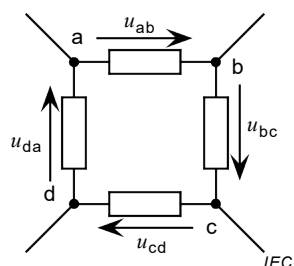


Figure 12a – All reference polarities in the same direction

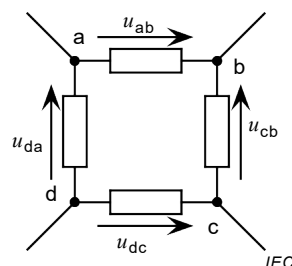


Figure 12b – Two reference polarities in the opposite direction

Figure 12 – Examples of the Kirchhoff law for meshes

Other combinations of current and voltage symbols are possible, but those of the examples in Figure 12 are recommended.

7 Conventions concerning power

7.1 Physical direction of power

The physical direction of power is considered to be the direction of the corresponding energy transfer.

7.2 Reference direction of power

The reference direction of a power that leaves or enters a delimited region, or is associated with a transmission line, is for each case a direction fixed arbitrarily. A power is considered as positive when its physical direction corresponds to the reference direction.

7.3 Indication of the reference direction of power

The reference direction of power is indicated in a diagram by an arrow having a corresponding direction. In the case of a region, the arrow is applied to the region, which may be delimited by a dotted line (see Figure 13a). In the case of a port, the arrow is placed with the pair of line conductors (see Figure 13b).

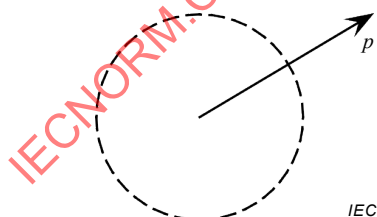


Figure 13a – From a region

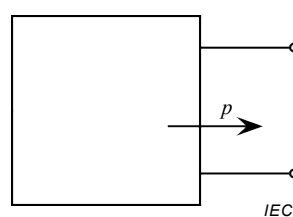


Figure 13b – From a port

Figure 13 – Indication of the reference direction of power

7.4 Combined conventions

7.4.1 General

At a port, it is possible to define arbitrarily a reference direction of the current, a reference polarity of the voltage and a reference direction of the power. It means eight possible combinations. Four of them should be avoided, because they would lead to the relation $p = -ui$.

7.4.2 Motor convention

The motor convention for a port is a group of reference conventions where the reference direction of the current enters the network at the terminal that has the highest reference potential of the voltage and the reference direction of the power enters the network (see Figure 14).

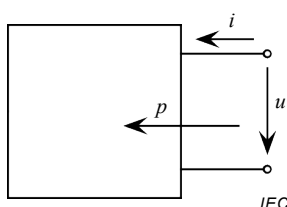


Figure 14a – Current entering at the higher reference potential

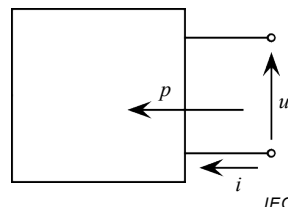


Figure 14b – Current entering at the lower reference potential

Figure 14 – Examples of motor conventions

Other combinations of current and voltage symbols are possible, but those of the examples in Figure 14 are recommended.

In some cases, the reference direction of the power is evident and is not indicated.

7.4.3 Generator convention

The generator convention for a port is a group of reference conventions where the reference direction of the current leaves the network at the terminal that has the highest reference potential of the voltage and the reference direction of the power leaves the network (see Figure 15).

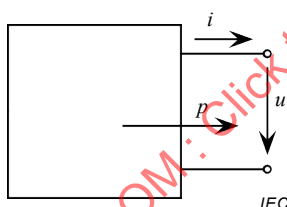


Figure 15a – Current leaving at the higher reference potential

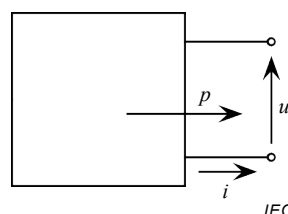


Figure 15b – Current leaving at the lower reference potential

Figure 15 – Examples of generator conventions

Other combinations of current and voltage symbols are possible, but those of the examples in Figure 15 are recommended.

In some cases, the reference direction of the power is evident and is not indicated.

8 Conventions concerning two-port networks

For a two-port network, a reference convention for associated voltages and currents is shown in Figure 16 (another one exists, but is not shown here).

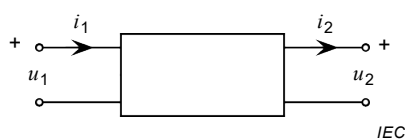


Figure 16 – A reference convention for a two-port network

9 Conventions concerning sources

9.1 Conventions concerning voltage sources

9.1.1 Independent voltage sources

An independent voltage source is an active two-terminal element, for which the source voltage between its terminals is independent of the current in the element and of any external voltage or electric current.

The graphical symbol for an ideal voltage source (IEC 60617-S00206) is used to compose the graphical representation of an independent voltage source with an annotation as shown in Figure 17, using one of the conventions given in 6.3.

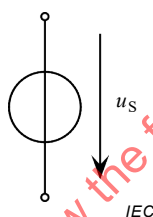


Figure 17 – Graphical representation of an independent voltage source

9.1.2 Controlled voltage sources

The source voltage of a controlled voltage source depends on an external voltage or electric current². The source voltage is $u_s = \alpha u_c$ for a voltage source controlled by a voltage u_c , and $u_s = \beta i_c$ for a voltage source controlled by a current i_c . The units are 1 for α and ohm for β .

The graphical representation of a voltage source controlled by a voltage is shown in Figure 18 using one of the conventions given in 6.3.

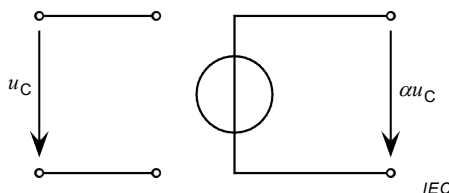


Figure 18 – Graphical representation of a voltage source controlled by a voltage:

$$u_s = \alpha u_c$$

² Other quantities can be used also to control a voltage source; e.g. illumination, temperature.

The graphical representation of a voltage source controlled by a current is shown in Figure 19 using one of the conventions given in 5.3 and 6.3, respectively.

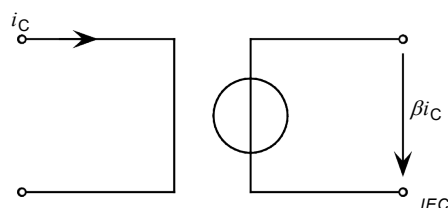


Figure 19 – Graphical representation of a voltage source controlled by a current:

$$u_s = \beta i_c$$

9.2 Conventions concerning current sources

9.2.1 Independent current sources

An independent current source is an active two-terminal element, for which the source current is independent of the voltage between its terminals and of any external voltage or electric current.

The graphical symbol for an ideal current source (IEC 60617-S00205) is used to compose the independent current source as shown in Figure 20. An arrow at the current source defines the reference direction for the current using one of the conventions given in 5.3.

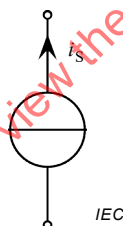


Figure 20 – Graphical representation of an independent current source

9.2.2 Controlled current sources

The source current of a controlled current source depends on an external voltage or electric current ³. The source current is $i_s = \gamma u_c$ for a current source controlled by a voltage u_c , and $i_s = \delta i_c$ for a current source controlled by a current i_c . The units are siemens for γ and 1 for δ .

The graphical symbol for an ideal current source (IEC 60617-S00205) is used to compose the graphical representation for a current source controlled by a voltage shown in Figure 21 using one of the conventions given in 6.3 and 5.3, respectively.

³ Other quantities can be used also to control a current source; e.g. illumination, temperature.

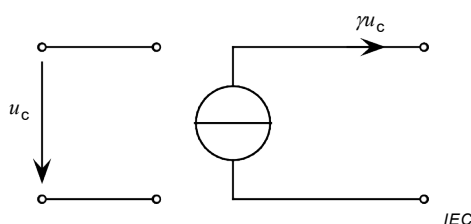


Figure 21 – Graphical representation of a current source controlled by a voltage:

$$i_s = \gamma u_c$$

The graphical symbol for an ideal current source (IEC 60617-S00205) is used to compose the graphical representation of a current source controlled by a current shown in Figure 22 using one of the conventions given in 5.3.

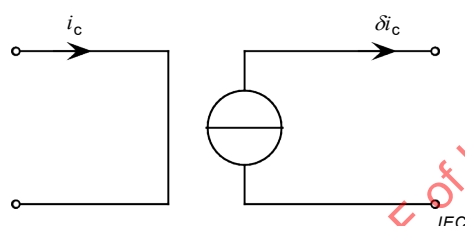


Figure 22 – Graphical representation of a current source controlled by a current:

$$i_s = \delta i_c$$

10 Conventions concerning passive elements

10.1 General conventions

A passive network does not contain any voltage sources or current sources. For a passive two-terminal or n -terminal circuit element, the relation between voltages and currents depends on the choice of the reference directions for currents and the reference polarities for voltages.

The reference direction for the current i_{ab} in a two-terminal network with terminals "a" and "b" is preferably related to the polarity of the voltage, defined as u_{ab} . See 10.2.1, 10.3.1 and 10.4.1.

The reference direction for the current i_n through terminal n of an n -terminal network is preferably related to the polarity of the voltage u_{n0} between terminal n and the reference terminal denoted 0 (zero). See 10.2.2, 10.3.2 and 10.4.2

10.2 Resistive elements

10.2.1 Resistive two-terminal elements

A two-terminal resistive element is a passive two-terminal element characterized by a functional relation between the voltage u between the terminals and the electric current i which flows through the element. The graphical symbol for a resistor (IEC 60617-S00555) is used to show this relation of a two-terminal resistive element in Figure 23.

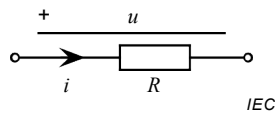


Figure 23a – Representation using that of Figure 3b for current i and that of Figure 7a for voltage u

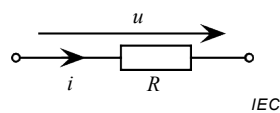


Figure 23b – Representation using that of Figure 3b for current i and that of Figure 9b for voltage u

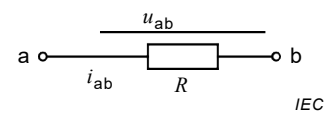


Figure 23c – Representation using that of Figure 4a for current i and that of Figure 10b for voltage u

Figure 23 – Examples of graphical representations of a two-terminal resistive element

Other combinations of current and voltage symbols are possible, but those of the examples in Figure 23 are recommended.

In the general case, the voltage u is a function of the current i :

$$u = f(i)$$

For a linear resistive element with resistance R , the relation between the current and the voltage is given by Ohm's law:

$$u = Ri$$

The coupled convention between reference direction of current and reference polarity of voltage, represented in Figure 23, assures that the resistance is positive.

10.2.2 Resistive n -terminal elements

An n -terminal resistive element is a passive n -terminal element characterized by functional relations between the voltages at $n - 1$ terminals with respect to one reference terminal and the electric currents at the $n - 1$ terminals (see Figure 24).

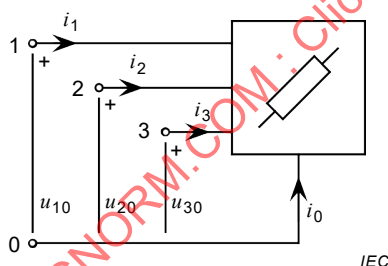


Figure 24a – Representation using that of Figure 3b for currents i and that of Figure 10a for voltages u

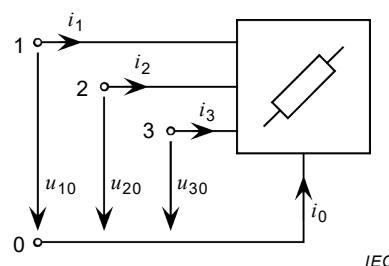


Figure 24b – Representation using that of Figure 3b for currents i and that of Figure 9a for voltages u

Figure 24 – Examples of the graphical representation of a four-terminal resistive element

Other combinations of current and voltage symbols are possible, but those of the examples in Figure 24 are recommended.

According to the Kirchhoff law for nodes the sum of the currents is zero:

$$\sum_{j=0}^{n-1} i_j = 0$$

The relations between $n - 1$ currents and the $n - 1$ corresponding voltages can be written

$$\begin{aligned} u_{10} &= f_1(i_1, i_2, \dots, i_{n-1}) \\ u_{20} &= f_2(i_1, i_2, \dots, i_{n-1}) \\ &\vdots \\ u_{(n-1)0} &= f_{n-1}(i_1, i_2, \dots, i_{n-1}) \end{aligned}$$

For a linear resistive element, the relations between the currents and the voltages are linear and can be written in matrix form

$$\begin{pmatrix} u_{10} \\ u_{20} \\ \vdots \\ u_{(n-1)0} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \cdots & R_{1(n-1)} \\ R_{12} & R_{22} & \cdots & R_{2(n-1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{1(n-1)} & R_{2(n-1)} & \cdots & R_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \vdots \\ i_{n-1} \end{pmatrix}$$

10.3 Capacitive elements

10.3.1 Capacitive two-terminal elements

A two-terminal capacitive element is a passive two-terminal element characterized by two relations: a differential relation between the electric charge q in the element and the current i which flows through the element and a functional relation between the voltage u between the terminals and the electric charge q in the element. The electric charge is here the time integral of the electric current in the element [see IEC 60050-131:2002, 131-12-11]. By convention, the physical polarity and the reference polarity of the charge in a capacitive two-terminal element are the same as for the voltage.

The graphical symbol for a capacitor (IEC 60617-S00567) is used to show the relation between the current i and the voltage u of a two-terminal capacitive element in Figure 25.

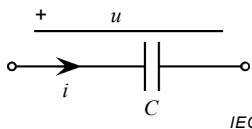


Figure 25a – Representation using that of Figure 3b for current i and that of Figure 7a for voltage u

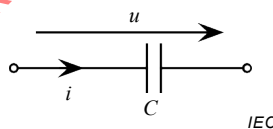


Figure 25b – Representation using that of Figure 3b for current i and that of Figure 9b for voltage u

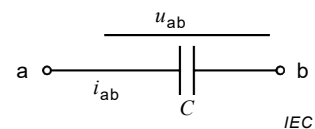


Figure 25c – Representation using that of Figure 4a for current i and that of Figure 10b for voltage u

Figure 25 – Examples of the graphical representation of a two-terminal capacitive element

Other combinations of current and voltage symbols are possible, but those of the examples in Figure 25 are recommended.

The differential relation between the current i and the charge q is

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

and the functional relation between the charge q and the voltage u is

$$q = f(u)$$

For a linear capacitive element, this equation becomes

$$q = Cu$$

and the charge q can be eliminated to yield

$$i = \frac{dC}{dt}u + C \frac{du}{dt}$$

where C is the capacitance of the capacitive element. With the sign conventions indicated in Figure 25, a capacitance is always positive in quasi-static processes.

When a capacitive element with a constant capacitance C is subjected to a variable voltage $u(t)$, the equation is reduced to

$$i = C \frac{du}{dt}$$

When a capacitive element with a variable capacitance $C(t)$ is subjected to a constant voltage u , the equation is reduced to

$$i = \frac{dC}{dt}u$$

10.3.2 Capacitive n -terminal elements

An n -terminal capacitive element is a passive n -terminal element characterized by two kinds of relations: $n - 1$ differential relations between the currents at the terminals and the corresponding charges [see IEC 60050-131:2002, 131-12-11] and $n - 1$ functional relations between the voltages at the pairs of terminals and the corresponding electric charges (see Figure 26). One terminal is considered as the reference terminal, noted 0 (zero). By convention, the physical polarity and the reference polarity of the charge associated to the terminal pair $(n, 0)$ are the same as the polarities of the corresponding voltage.

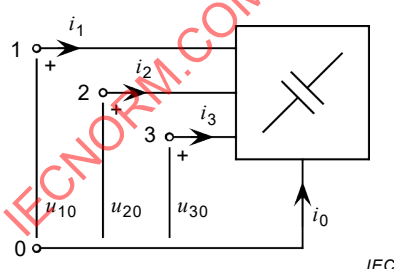


Figure 26a – Representation using that of Figure 3b for currents i and that of Figure 10a for voltages u

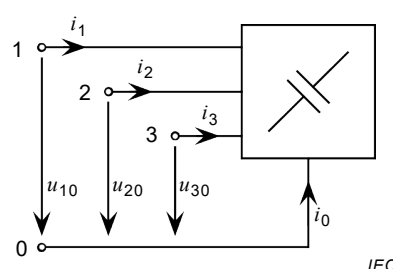


Figure 26b – Representation using that of Figure 3b for currents i and that of Figure 9a for voltages u

Figure 26 – Examples of the graphical representation of a four-terminal capacitive element

Other combinations of current and voltage symbols are possible, but those of the examples in Figure 26 are recommended.

One terminal is considered as reference terminal. According to the Kirchhoff law for nodes the sum of the currents and the sum of the charges [IEC 60050-131:2002, 131-12-11] are zero:

$$\sum_{j=0}^{n-1} i_j = 0 \text{ and } \sum_{j=0}^{n-1} q_j = 0$$

The differential relations between the currents and the charges are

$$\begin{aligned} i_1 &= \frac{dq_1}{dt} \\ i_2 &= \frac{dq_2}{dt} \\ &\vdots \\ i_{n-1} &= \frac{dq_{n-1}}{dt} \end{aligned}$$

and the functional relations between the charges q_i and the voltages u_{i0} are

$$\begin{aligned} q_1 &= f_1(u_{10}, u_{20}, \dots, u_{(n-1)0}) \\ q_2 &= f_2(u_{10}, u_{20}, \dots, u_{(n-1)0}) \\ &\vdots \\ q_{n-1} &= f_{n-1}(u_{10}, u_{20}, \dots, u_{(n-1)0}) \end{aligned}$$

For a linear capacitive element, the relations between the voltages and the charges are linear and can be written in matrix form

$$\begin{pmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_{n-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1(n-1)} \\ C_{12} & C_{22} & \dots & C_{2(n-1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{1(n-1)} & C_{2(n-1)} & \dots & C_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{10} \\ u_{20} \\ \vdots \\ u_{(n-1)0} \end{pmatrix}$$

and

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \vdots \\ i_{n-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{dC_{11}}{dt} & \frac{dC_{12}}{dt} & \dots & \frac{dC_{1(n-1)}}{dt} \\ \frac{dC_{12}}{dt} & \frac{dC_{22}}{dt} & \dots & \frac{dC_{2(n-1)}}{dt} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{dC_{1(n-1)}}{dt} & \frac{dC_{2(n-1)}}{dt} & \dots & \frac{dC_{(n-1)(n-1)}}{dt} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{10} \\ u_{20} \\ \vdots \\ u_{(n-1)0} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1(n-1)} \\ C_{12} & C_{22} & \dots & C_{2(n-1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{1(n-1)} & C_{2(n-1)} & \dots & C_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{du_{10}}{dt} \\ \frac{du_{20}}{dt} \\ \vdots \\ \frac{du_{(n-1)0}}{dt} \end{pmatrix}$$

where the diagonal terms C_{ii} of the matrix are self-capacitances and the non-diagonal terms C_{ij} are mutual capacitances.

When a capacitive element with constant parameters C_{ij} is subjected to variable voltages $u_j(t)$, the equation is reduced to

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \vdots \\ i_{n-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1(n-1)} \\ C_{12} & C_{22} & \cdots & C_{2(n-1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{1(n-1)} & C_{2(n-1)} & \cdots & C_{(n-1)(n-1)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{du_{10}}{dt} \\ \frac{du_{20}}{dt} \\ \vdots \\ \frac{du_{(n-1)0}}{dt} \end{pmatrix}$$

When a capacitive element with variable parameters $C_{ij}(t)$ is subjected to constant voltages u_{j0} , the equation is reduced to

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \vdots \\ i_{n-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{dC_{11}}{dt} & \frac{dC_{12}}{dt} & \cdots & \frac{dC_{1(n-1)}}{dt} \\ \frac{dC_{12}}{dt} & \frac{dC_{22}}{dt} & \cdots & \frac{dC_{2(n-1)}}{dt} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{dC_{1(n-1)}}{dt} & \frac{dC_{2(n-1)}}{dt} & \cdots & \frac{dC_{(n-1)(n-1)}}{dt} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{10} \\ u_{20} \\ \vdots \\ u_{(n-1)0} \end{pmatrix}$$

10.4 Inductive elements

10.4.1 Inductive two-terminal elements

A two-terminal inductive element is a passive two-terminal element characterized by two relations: a differential relation between the linked flux Ψ and the voltage u between the terminals and a functional relation between the electric current i through the element and the linked flux Ψ between the terminals. By convention, the physical direction and the reference direction of the linked flux in an inductive two-terminal element are the same as for the current.

The graphical symbol for a coil (IEC 60617-S00583) is used to show the relation between the current i and the voltage u of a two-terminal inductive element in Figure 27 (chirality is not shown).

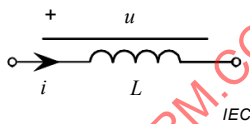


Figure 27a – Representation using that of Figure 3b for current i and that of Figure 7a for voltage u

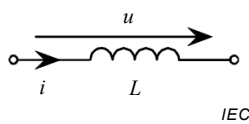


Figure 27b – Representation using that of Figure 3b for current i and that of Figure 9b for voltage u

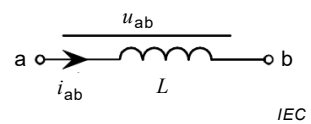


Figure 27c – Representation using that of Figure 4a for current i and that of Figure 10b for voltage u

Figure 27 – Examples of the graphical representation of a two-terminal inductive element

Other combinations of current and voltage symbols are possible, but those of the examples in Figure 27 are recommended.

The differential relation between the voltage u and the linked flux Ψ is

$$u = \frac{d\Psi}{dt}$$

and the functional relation between the linked flux Ψ and the current i

$$\Psi = f(i)$$

For a linear inductive element, this equation becomes

$$\Psi = L i$$

and the linked flux Ψ can be eliminated to yield

$$u = \frac{dL}{dt} i + L \frac{di}{dt}$$

where L is the inductance of the inductive element. With the sign conventions indicated in Figure 27, an inductance is always positive in quasi-static processes.

When a linear inductive element with a constant inductance L is subjected to a variable current $i(t)$, the equation is reduced to

$$u = L \frac{di}{dt}$$

When a linear inductive element with a variable inductance $L(t)$ is subjected to a constant current i , the equation is reduced to

$$u = \frac{dL}{dt} i$$

10.4.2 Inductive n -port elements

An n -port inductive element is a passive n -port element characterized by two kinds of relations: n differential relations between the voltages at the ports and the corresponding linked fluxes and n functional relations between the currents and the linked fluxes (see Figure 28).

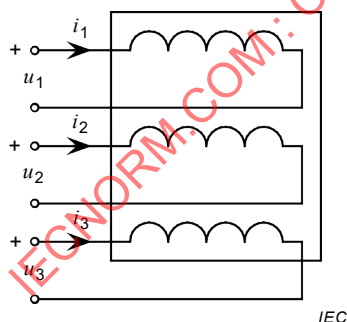


Figure 28a – Representation using that of Figure 3b for currents i and that of Figure 8 for voltages u

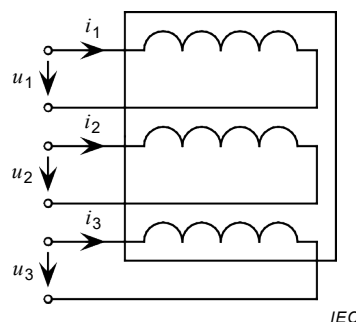


Figure 28b – Representation using that of Figure 3b for currents i and that of Figure 9b for voltages u

Figure 28 – Examples of the graphical representation of a three-port inductive element

Other combinations of current and voltage symbols are possible, but those of the examples in Figure 28 are recommended.

The differential relations between the voltages u_i and the linked fluxes Ψ_i are

$$\begin{aligned} u_1 &= \frac{d\psi_1}{dt} \\ u_2 &= \frac{d\psi_2}{dt} \\ &\vdots \\ u_n &= \frac{d\psi_n}{dt} \end{aligned}$$

and the functional relations between the linked fluxes ψ_n and the currents i_j

$$\begin{aligned} \psi_1 &= f_1(i_1, i_2, \dots, i_n) \\ \psi_2 &= f_2(i_1, i_2, \dots, i_n) \\ &\vdots \\ \psi_n &= f_n(i_1, i_2, \dots, i_n) \end{aligned}$$

For a linear inductive element, the relations between the linked fluxes ψ_i and the currents i_j are linear and can be written in matrix form

$$\begin{pmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \\ \vdots \\ \psi_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} & \cdots & L_{1n} \\ L_{12} & L_{22} & \cdots & L_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ L_{1n} & L_{2n} & \cdots & L_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \vdots \\ i_n \end{pmatrix}$$

and

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{dL_{11}}{dt} & \frac{dL_{12}}{dt} & \cdots & \frac{dL_{1n}}{dt} \\ \frac{dL_{12}}{dt} & \frac{dL_{22}}{dt} & \cdots & \frac{dL_{2n}}{dt} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{dL_{1n}}{dt} & \frac{dL_{2n}}{dt} & \cdots & \frac{dL_{nn}}{dt} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \vdots \\ i_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} & \cdots & L_{1n} \\ L_{12} & L_{22} & \cdots & L_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ L_{1n} & L_{2n} & \cdots & L_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{di_1}{dt} \\ \frac{di_2}{dt} \\ \vdots \\ \frac{di_n}{dt} \end{pmatrix}$$

where the diagonal terms L_{ii} of the matrix are self-inductances and the non-diagonal terms L_{ij} are mutual inductances.

When an inductive element with constant parameters L_{ij} is subjected to variable currents $i_j(t)$, the equation is reduced to

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} & \cdots & L_{1n} \\ L_{12} & L_{22} & \cdots & L_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ L_{1n} & L_{2n} & \cdots & L_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{di_1}{dt} \\ \frac{di_2}{dt} \\ \vdots \\ \frac{di_n}{dt} \end{pmatrix}$$

When an inductive element with variable parameters $L_{ij}(t)$ is subjected to constant currents i_j , the equation is reduced to

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{dL_{11}}{dt} & \frac{dL_{12}}{dt} & \dots & \frac{dL_{1n}}{dt} \\ \frac{dL_{12}}{dt} & \frac{dL_{22}}{dt} & \dots & \frac{dL_{2n}}{dt} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{dL_{1n}}{dt} & \frac{dL_{2n}}{dt} & \dots & \frac{dL_{nn}}{dt} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \vdots \\ i_n \end{pmatrix}$$

11 Complex notation

11.1 General

In this clause, quantities whose time dependence is sinusoidal are expressed in the form of cosines, but the use of sines, with obvious consequent modifications, is not unusual.

Phasors, a complex representation of a sinusoidal quantity, and other complex quantities are denoted by capital letter symbols. The underlining of a letter symbol signifies that it is to be taken as complex. When there is no risk for confusion, the underlining may be omitted. For the sake of clarity, underlining of the symbols for complex quantities is used in this document.

11.2 Conventions concerning complex representation of sinusoidal quantities

The sinusoidal quantity $a(t) = \hat{A} \cos(\omega t + \alpha)$ with $\hat{A}$ and ω positive, can be represented

- 1) by the complex amplitude $\underline{\hat{A}} = \hat{A} e^{j\alpha}$ or by the complex root-mean-square value

$$\underline{A} = \frac{\hat{A}}{\sqrt{2}} e^{j\alpha} \text{ when an indication of time dependence is not required;}$$

- 2) by the complex instantaneous value $\underline{a} e^{j(\omega t + \alpha)}$ when an indication of time dependence is required.

NOTE 1 The complex quantities in item 1) are called phasors. They are usually used when dealing with sinusoidal quantities, all of the same frequency.

NOTE 2 Note that the root-mean-square value of $a(t) = \hat{A} \cos(\omega t + \alpha)$ is equal to $|\underline{A}|$, the modulus of the complex root-mean-square value.

NOTE 3 A sinusoidal quantity can be derived from the corresponding complex quantity by means of the relations

$$a(t) = \text{Re}(\underline{a}) = \text{Re}(\underline{\hat{A}} e^{j\omega t}) = \text{Re}(\sqrt{2} \underline{A} e^{j\omega t})$$

11.3 Reference direction of a complex current

The reference direction of a complex current in a branch or in a mesh is a direction fixed arbitrarily along the branch or around the mesh. In circuit diagrams, the same notations are used as in 5.3.1, with the difference that the time-dependent current quantities are replaced by complex quantities.

Using reference directions, Kirchhoff's law for nodes states that the sum of all complex currents directed towards a node is zero. According to the currents defined in Figure 29a, this means

$$\underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 + \underline{I}_4 = 0$$

If the reference direction of a current, for example the current $\underline{I}_3$ in Figure 29b, is chosen as away from the node, the corresponding current shall be taken with the opposite sign. In that case, Kirchhoff's law for nodes states:

$$\underline{I}_1 + \underline{I}_2 - \underline{I}_3 + \underline{I}_4 = 0$$

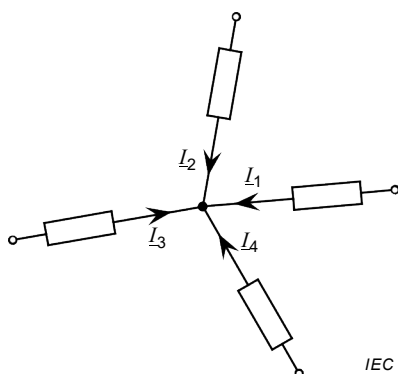


Figure 29a – All currents going towards a node

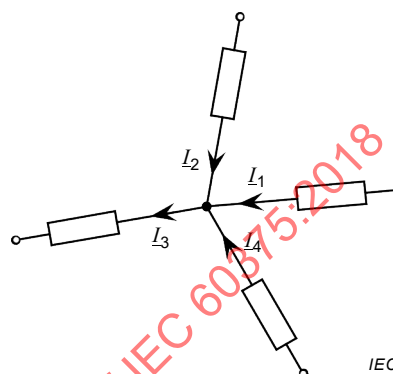


Figure 29b – One current going away from a node

Figure 29 – Examples of the Kirchhoff law for nodes in complex notation

Other combinations of current and voltage symbols are possible but those of the examples in Figure 29 are recommended.

11.4 Reference polarity for a complex voltage

A complex voltage between two nodes is the difference of the complex electric potentials at those nodes.

The reference polarity is determined by the ordering of the nodes. The reference polarity may be chosen arbitrarily.

For two nodes, "a" and "b", with the ordering "ab", the voltage $\underline{U}_{ab}$ is defined as $\underline{U}_{ab} = \underline{V}_a - \underline{V}_b$, where $\underline{V}_a$ and $\underline{V}_b$ are the electric potentials at the nodes "a" and "b", respectively.

Rules for indication of the polarity for complex voltages correspond to those used for time-dependent quantities, with appropriate changes of symbols, $u \rightarrow \underline{U}$, etc.

Using reference polarities, Kirchhoff's law for meshes states:

Along any closed path in an electric network, the algebraic sum of the complex voltages at the terminals of the branches is zero. The voltages shall be taken with the sign corresponding to their reference polarities in relation to the direction in which the mesh is traversed. This means that if all reference polarities are defined in the same direction around the mesh, as in Figure 30a, the following equation applies:

$$\underline{U}_{ab} + \underline{U}_{bc} + \underline{U}_{cd} + \underline{U}_{da} = 0$$

If some of the reference polarities are defined in the opposite direction, as in Figure 30b, the corresponding voltages shall be taken with the opposite sign, i.e.

$$\underline{U}_{ab} - \underline{U}_{cb} - \underline{U}_{dc} + \underline{U}_{da} = 0$$

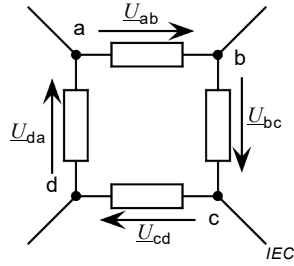


Figure 30a – All polarities in the same direction around mesh

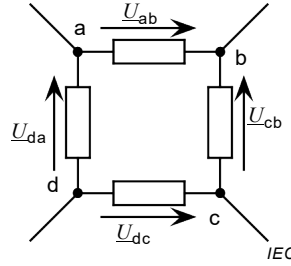


Figure 30b – Two polarities in opposite direction around mesh

Figure 30 – Examples of the Kirchhoff law for meshes in complex notation

Other combinations of current and voltage symbols are possible but those of the examples in in Figure 30 are recommended.

11.5 Complex representation of Ohm's law

For networks with linear circuit elements (R, L, C), there is a linear relation between complex voltage and complex electric current. For a two-terminal network, the relation may be written $\underline{U} = \underline{Z} \underline{I}$ or $\underline{I} = \underline{Y} \underline{U}$. Here $\underline{Z}$ is the complex impedance and $\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}}$ is the complex admittance.

For an impedance $\underline{Z}$ or an admittance $\underline{Y}$, Ohm's law assumes a specified relation between the reference direction for the current and the reference polarity for the voltage.

For an ideal resistor, the impedance is real: $\underline{Z} = R$ or $\underline{Y} = \frac{1}{R}$ and Ohm's law may be expressed as $\underline{U} = R \underline{I}$.

For an ideal capacitor, the admittance is an imaginary quantity with positive argument: $\underline{Y} = j\omega C$; the impedance is an imaginary quantity with negative argument: $\underline{Z} = \frac{1}{j\omega C} = \frac{-j}{\omega C}$.

Ohm's law can be expressed as $\underline{I} = \underline{Y} \underline{U} = j\omega C \underline{U}$ or $\underline{U} = \underline{Z} \underline{I} = \frac{-j}{\omega C} \underline{I}$.

For an ideal inductor, the impedance is an imaginary quantity with positive argument: $\underline{Z} = j\omega L$; the admittance is an imaginary quantity with negative argument: $\underline{Y} = \frac{1}{j\omega L} = \frac{-j}{\omega L}$.

Ohm's law can be expressed as $\underline{U} = \underline{Z} \underline{I} = j\omega L \underline{I}$ or $\underline{I} = \underline{Y} \underline{U} = \frac{-j}{\omega L} \underline{U}$.

For an impedance $\underline{Z}$, Ohm's law assumes a specified relation between the reference direction for the current and the reference polarity for the voltage (see Figure 31).

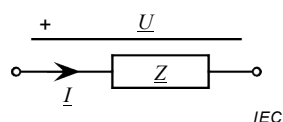


Figure 31a – Representation using that of Figure 3b for current $\underline{I}$ and that of Figure 7a for voltage $\underline{U}$

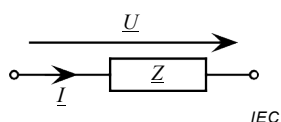


Figure 31b – Representation using that of Figure 3b for current $\underline{I}$ and that of Figure 9b for voltage $\underline{U}$

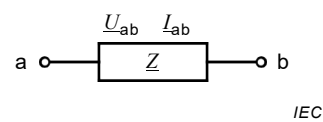


Figure 31c – Representation using that of Figure 4b for current $\underline{I}$ and that of Figure 10b for voltage $\underline{U}$

Figure 31 – Examples of graphical representation of reference directions and polarities in Ohm's law for a complex two-terminal element

Other combinations of current and voltage symbols are possible, but those of the examples in Figure 31 are recommended.

11.6 Conventions concerning the graphical representation of phasors

A phasor $\underline{A} = Ae^{j\alpha}$ is represented in the complex plane by an arrow. The positive direction for angles is anticlockwise.

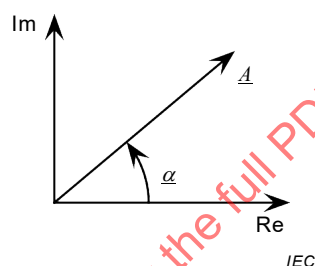


Figure 32 – Graphical representation of a phasor in the complex plane

As a consequence, an arrow representing a phasor with argument 0 rad is directed along the positive real semi-axis, and an arrow representing a phasor with argument $\frac{\pi}{2}$ rad is directed along the positive imaginary semi-axis.

11.7 Conventions concerning phase differences

The phase difference of the sinusoidal quantities $a(t) = \hat{A} \cos(\omega t + \alpha)$ and $b(t) = \hat{B} \cos(\omega t + \beta)$ is expressed by the relation $\varphi = \alpha - \beta$, and graphical representations for the corresponding phasors are shown in Figure 33.

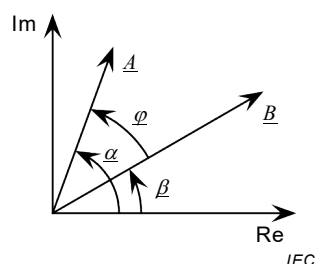


Figure 33 – Graphical representation of phase difference in the complex plane

11.8 Conventions concerning power

11.8.1 Time-dependent electric power

The time-dependent electric power $p(t)$ delivered to a two-terminal element is defined as $u(t) \cdot i(t)$, where $u(t)$ is the voltage and $i(t)$ is the current. The reference directions are indicated as is shown in Figure 34a (motor convention) and Figure 34b (generator convention).

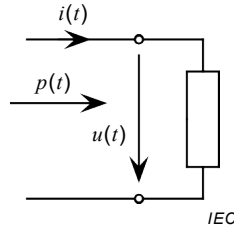


Figure 34a – Motor convention

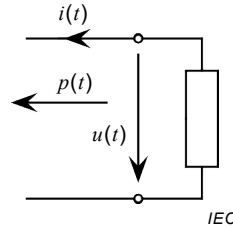


Figure 34b – Generator convention

Figure 34 – Examples of the reference directions for time-dependent electric power

Other combinations of current and voltage symbols are possible but those of the examples in Figure 34 are recommended.

For periodic voltages and currents with period T the mean value of the instantaneous power $p(t)$ is the active power P .

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt$$

11.8.2 Complex power

In circuits under sinusoidal conditions it is possible to use complex notation. The complex voltage is denoted by $\underline{U}$, the complex current by $\underline{I}$. The complex power $\underline{S}$ is defined as $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$, where $\underline{I}^*$ is the complex conjugate of $\underline{I}$. The real part of the complex power $\underline{S}$ is the active power P and the imaginary part is the reactive power Q . Thus $\underline{S} = P + jQ$. See Figure 35a (motor convention) and Figure 35b (generator convention).

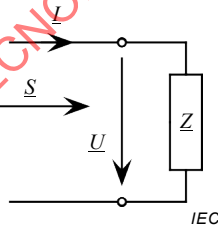


Figure 35a – Complex power – Motor convention

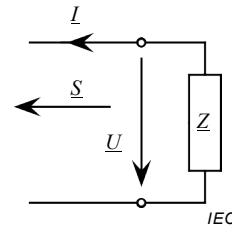


Figure 35b – Complex power – Generator convention

Figure 35 – Examples of the reference directions for the complex power

Other combinations of current and voltage symbols are possible but those of the examples in Figure 35 are recommended.

From the relation $\underline{U} = \underline{Z} \underline{I}$ it is evident that $\underline{S} = \underline{U} \underline{I}^* = \underline{Z} \underline{I} \underline{I}^* = \underline{Z} \underline{I}^2$. The phase angle of the complex power is thus the same as that of the impedance.

Bibliography

IEC 60050-102:2007, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 102: Mathematics – General concepts and linear algebra*

IEC 60050-113:2011, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 113: Physics for electrotechnology*

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

IEC 60050-121:1998/AMD1:2002

IEC 60050-121:1998/AMD2:2008

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

IEC 60050-131:2002/AMD1:2008

IEC 60050-131:2002/AMD2:2013

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60375:2018

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	41
1 Domaine d'application	43
2 Références normatives	43
3 Termes et définitions	43
4 Orientation des objets géométriques	51
4.1 Orientation d'une courbe	51
4.2 Orientation d'une surface	51
4.3 Flèches perpendiculaires au plan de la figure	51
5 Conventions concernant les courants	52
5.1 Sens physique du courant	52
5.2 Sens de référence du courant	52
5.3 Indication du sens de référence des courants	52
5.3.1 Indication du sens de référence des courants de branche	52
5.3.2 Indication du sens de référence des courants de maille	53
5.4 Loi de Kirchhoff des nœuds	53
6 Conventions concernant les tensions	54
6.1 Polarité physique de la tension	54
6.2 Polarité de référence d'une paire de nœuds	54
6.3 Indication de la polarité de référence	54
6.3.1 Première méthode	54
6.3.2 Deuxième méthode	55
6.3.3 Troisième méthode	55
6.4 Loi de Kirchhoff des mailles	56
7 Conventions concernant la puissance	56
7.1 Sens physique de la puissance	56
7.2 Sens de référence de la puissance	56
7.3 Indication du sens de référence de la puissance	57
7.4 Conventions combinées	57
7.4.1 Généralités	57
7.4.2 Convention moteur	57
7.4.3 Convention générateur	57
8 Conventions concernant les réseaux à deux accès	58
9 Conventions concernant les sources	58
9.1 Conventions concernant les sources de tension	58
9.1.1 Sources de tension indépendantes	58
9.1.2 Sources de tension commandées	59
9.2 Conventions concernant les sources de courant	59
9.2.1 Sources de courant indépendantes	59
9.2.2 Sources de courant commandées	60
10 Conventions concernant les éléments passifs	61
10.1 Conventions générales	61
10.2 Éléments résistifs	61
10.2.1 Bipôles résistifs	61
10.2.2 Multipôles résistifs	61
10.3 Éléments capacitifs	62
10.3.1 Bipôles capacitifs	62

10.3.2	Multipôles capacitifs	63
10.4	Éléments inductifs.....	65
10.4.1	Bipôles inductifs	65
10.4.2	Éléments multiports inductifs	66
11	Notation complexe	68
11.1	Généralités	68
11.2	Conventions concernant la représentation complexe des grandeurs sinusoïdales.....	68
11.3	Sens de référence d'un courant complexe.....	69
11.4	Polarité de référence pour une tension complexe.....	70
11.5	Représentation complexe de la loi d'Ohm	70
11.6	Conventions concernant la représentation graphique des phaseurs	71
11.7	Conventions concernant les différences de phase.....	72
11.8	Conventions concernant la puissance	72
11.8.1	Puissance électrique fonction du temps	72
11.8.2	Puissance complexe	73
	Bibliographie.....	74
	Figure 1 – Orientation d'une courbe	51
	Figure 2 – Orientation d'une surface	51
	Figure 3 – Indication du sens de référence d'un courant par une flèche	52
	Figure 4 – Indication du sens de référence par les noms de nœud	52
	Figure 5 – Indication du sens de référence pour les courants de maille.....	53
	Figure 6 – Exemples de la loi de Kirchhoff des nœuds	54
	Figure 7 – Indication de la polarité de référence par les signes plus et moins	54
	Figure 8 – Indication simplifiée de la polarité de référence par les signes plus.....	55
	Figure 9 – Indication de la polarité de référence par une flèche	55
	Figure 10 – Indication de la polarité de référence par les noms de nœud	55
	Figure 11 – Indication simplifiée de la polarité de référence par les noms de nœud	56
	Figure 12 – Exemples de la loi de Kirchhoff des mailles.....	56
	Figure 13 – Indication du sens de référence de la puissance	57
	Figure 14 – Exemples de conventions moteur.....	57
	Figure 15 – Exemples de conventions générateur	58
	Figure 16 – Convention de référence pour un réseau à deux accès	58
	Figure 17 – Représentation graphique d'une source de tension indépendante	58
	Figure 18 – Représentation graphique d'une source de tension commandée par une tension: $u_s = \alpha u_c$	59
	Figure 19 – Représentation graphique d'une source de tension commandée par un courant: $u_s = \beta i_c$	59
	Figure 20 – Représentation graphique d'une source de courant indépendante	60
	Figure 21 – Représentation graphique d'une source de courant commandée par une tension: $i_s = \gamma u_c$	60
	Figure 22 – Représentation graphique d'une source de courant commandée par un courant: $i_s = \delta i_c$	60
	Figure 23 – Exemples de représentations graphiques d'un bipôle résistif	61

Figure 24 – Exemples de représentation graphique d'un quadripôle résistif	62
Figure 25 – Exemples de représentation graphique d'un bipôle capacitif.....	63
Figure 26 – Exemples de représentation graphique d'un quadripôle capacitif	64
Figure 27 – Exemples de représentation graphique d'un bipôle inductif	66
Figure 28 – Exemples de représentation graphique d'un tripôle inductif	67
Figure 29 – Exemples de la loi de Kirchhoff des nœuds en notation complexe	69
Figure 30 – Exemples de la loi de Kirchhoff des mailles en notation complexe.....	70
Figure 31 – Exemples de représentation graphique des sens et polarités de référence dans la loi d'Ohm pour un bipôle complexe	71
Figure 32 – Représentation graphique d'un phaseur dans le plan complexe.....	71
Figure 33 – Représentation graphique d'une différence de phase dans le plan complexe	72
Figure 34 – Exemples de sens de référence pour la puissance électrique fonction du temps	72
Figure 35 – Exemples de sens de référence pour la puissance complexe	73

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60375:2018

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONVENTIONS CONCERNANT LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60375 a été établie par le comité d'études 25 de l'IEC: Grandeurs et unités, et leurs symboles littéraux.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2003. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) l'article relatif aux conventions concernant les circuits magnétiques a été retiré; le titre du présent document a été raccourci et est désormais "Conventions concernant les circuits électriques";
- b) le texte et les figures ont été révisés et homogénéisés;
- c) l'article 3 a été structuré en paragraphes;

- d) l'article 4 (Orientation des objets géométriques) a été inséré; la numérotation des articles a par conséquent été modifiée.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
25/620/FDIS	25/622/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60375:2018

CONVENTIONS CONCERNANT LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les règles relatives aux signes, sens de référence et polarités de référence des courants électriques et des tensions dans les réseaux électriques.

Dans les Articles 3 à 10, les grandeurs dépendent arbitrairement du temps. Par hypothèse, la longueur d'onde de la fréquence la plus élevée impliquée est plus importante que la distance la plus grande entre deux points du réseau. Les processus sont considérés comme étant quasi statiques. L'Article 11 spécifie les règles et recommandations pour la notation complexe.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60617, *Symboles graphiques pour schémas* ¹

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- Plateforme de consultation en ligne ISO: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

orientation

<d'une courbe> propriété d'une courbe décrite par le rayon vecteur $r(u)$, qui est associée aux valeurs croissantes ou décroissantes du paramètre u

[SOURCE: IEC 60050-102:2007, 102-04-19]

3.2

orientation

<d'une surface> pour une surface admettant en tout point un plan tangent, propriété déterminée par le choix, continûment de point en point, de l'un des deux vecteurs unités normaux en chaque point

[SOURCE: IEC 60050-102:2007, 102-04-36, modifié – Note 1 à l'article supprimée.]

¹ L'IEC 60617 est une base de données contenant des symboles référencés dans le formulaire (IEC 60617-Sxxxxx), où Sxxxxx est le numéro d'identité du symbole.

3.3**charge électrique**

grandeur scalaire additive, associée aux particules élémentaires et à la matière macroscopique, qui caractérise leurs interactions électromagnétiques

Note 1 à l'article: La charge (électrique) d'un condensateur est définie différemment dans l'IEC 60050-131:2002, 131-12-11 par $q = \int i(\tau) d\tau$. Lorsque ce terme est utilisé dans le présent document, il est accompagné de cette source insérée entre crochets.

[SOURCE: IEC 60050-121:1998, 121-11-01, modifié – Note 1 à l'article a été remplacée et la Note 2 à l'article a été supprimée.]

3.4**charge électrique positive**

charge électrique dont le signe est le même que celui qui est attribué par convention à un proton

[SOURCE: IEC 60050-113:2011, 113-02-12]

3.5**quasi-infinitésimal**

pour un système d'entités élémentaires réparties dans l'espace, qualifie la longueur, l'aire ou le volume d'un élément d'espace, dont toutes les dimensions géométriques sont petites par rapport à celles du système considéré mais suffisamment grandes pour que l'élément d'espace contienne un grand nombre d'entités élémentaires; qualifie aussi une grandeur extensive définie comme une somme étendue à toutes les entités élémentaires contenues dans un tel élément d'espace

[SOURCE: IEC 60050-121:1998, 121-11-06, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.6**courant électrique****courant****courant de conduction**

grandeur scalaire égale au flux de la densité de courant électrique J à travers une surface orientée donnée S :

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

où $\vec{e}_n dA$ est l'élément vectoriel de surface

[SOURCE: IEC 60050-121:1998, 121-11-13, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.7**grandeur intégrale**

intégrale de ligne, de surface ou de volume d'une grandeur associée au champ électromagnétique

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-01, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.8**théorie des circuits**

étude des systèmes électriques et magnétiques dans laquelle les phénomènes électriques et magnétiques sont décrits à l'aide de grandeurs intégrales

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-02, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.9**élément de circuit**

en électromagnétisme, modèle mathématique d'un dispositif caractérisé par une ou plusieurs relations entre des grandeurs intégrales

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-03]

3.10**élément de circuit électrique**

élément de circuit pour lequel seules des relations entre des grandeurs intégrales électriques sont prises en compte

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-04]

3.11**circuit**

ensemble d'éléments de circuit interconnectés

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-06]

3.12**circuit électrique**

circuit formé seulement d'éléments de circuit électriques

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-07, modifié – Synonyme "réseau électrique" et notes à l'article supprimés.]

3.13**borne**

point de connexion d'un élément de circuit électrique, d'un circuit électrique ou d'un réseau à d'autres éléments de circuit électriques, circuits électriques ou réseaux

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-11, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.14**multipôle**

qualifie un élément de circuit électrique, un circuit électrique ou un réseau à plus de deux bornes

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-12]

3.15**multipôle élémentaire**

élément de circuit électrique à plus de deux bornes

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-13, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.16**multipôle**

circuit électrique à plus de deux bornes

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-14, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.17

bipôle

circuit électrique à deux bornes

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-15]

3.18

bipôle élémentaire

élément de circuit électrique à deux bornes

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-16]

3.19

phaseur

représentation d'une grandeur intégrale sinusoïdale par une grandeur complexe dont l'argument est égal à la phase à l'origine et le module est égal à la valeur efficace

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-26, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.20

sens du courant électrique

par convention, sens du transfert net de charge électrique positive entre deux bornes

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-29, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.21

passif

qualifie un élément de circuit ou un circuit dans lequel l'intégrale de la puissance instantanée ne peut pas être négative sur tout intervalle de temps commençant avant la première alimentation en énergie électrique

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-34, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.22

puissance complexe

en régime sinusoïdal, produit du phaseur $\underline{U}$ représentant la tension électrique aux bornes d'un bipôle linéaire, élémentaire ou non, et du conjugué du phaseur $\underline{I}$ représentant le courant électrique dans le bipôle: $\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^*$

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-39, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.23

puissance apparente

produit des valeurs efficaces de la tension électrique U aux bornes d'un bipôle, élémentaire ou non, et du courant électrique I dans le bipôle: $S = UI$

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-41, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.24

puissance active

en régime périodique, moyenne, sur une période T , de la puissance instantanée P :

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

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-42, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.25

puissance réactive

pour un bipôle linéaire, élémentaire ou non, en régime sinusoïdal, grandeur égale au produit de la puissance apparente S et du sinus du déphasage tension-courant φ

$$Q = S \sin \varphi$$

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-44, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.26

déphasage tension-courant

en régime sinusoïdal, différence de phase entre la tension électrique appliquée à un bipôle linéaire, élémentaire ou non, et le courant électrique dans le bipôle

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-48, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.27

tension

<en théorie des circuits> entre deux bornes A et B, grandeur u_{AB} égale à la différence des potentiels électriques V_A en A et V_B en B:

$$u_{AB} = V_A - V_B$$

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-11-56, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.28

multipôle résistif

multipôle élémentaire passif caractérisé par des relations fonctionnelles entre les tensions électriques entre deux bornes quelconques et les courants électriques aux bornes

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-01, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.29

bipôle résistif

bipôle élémentaire passif caractérisé par une relation fonctionnelle entre la tension électrique aux bornes et le courant électrique dans l'élément

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-02, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.30

résistance idéale

bipôle résistif linéaire

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-03, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.31

résistance

pour un bipôle résistif, élémentaire ou non, de bornes A et B, quotient de la tension électrique u_{AB} entre les bornes par le courant électrique i dans le bipôle:

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

où le courant est positif si le sens du courant est de A vers B et négatif si son sens est de B vers A

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-04, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.32

conductance

pour un bipôle résistif, élémentaire ou non, de bornes A et B, quotient du courant électrique i dans le bipôle par la tension électrique u_{AB} entre les bornes:

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

où le courant est positif si le sens du courant est de A vers B et négatif si son sens est de B vers A

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-06, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.33

multipôle capacitif

multipôle élémentaire passif caractérisé par $n - 1$ relations fonctionnelles entre les tensions électriques entre chacune de $n - 1$ bornes et la borne restante, et les charges électriques [IEC 60050-131: 2002, 131-12-11] en ces $n - 1$ bornes

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-09, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.34

bipôle capacitif

bipôle élémentaire passif caractérisé par une relation fonctionnelle entre la tension électrique aux bornes et l'intégrale par rapport au temps du courant électrique dans l'élément

[SOURCE: IEC 60050-131: 2002, 131-12-10, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.35

élément inductif à m paires de bornes

multipôle élémentaire passif à m paires de bornes caractérisé par des relations fonctionnelles entre les courants électriques instantanés à chaque paire de bornes et le flux totalisé entre les bornes de chaque paire

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-15, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.36

bipôle inductif

bipôle élémentaire passif caractérisé par une relation fonctionnelle entre le courant dans le bipôle et l'intégrale par rapport au temps de la tension aux bornes

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-16, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.37

flux totalisé

<en théorie des circuits> intégrale de la tension électrique u_{AB} entre deux bornes A et B d'un bipôle ou d'un multipôle:

$$\psi_{AB}(t) = \int_{t_0}^t u_{AB}(\tau) d\tau$$

où t_0 est un instant quelconque avant la première alimentation en énergie électrique

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-17, modifié – Notes à l'article supprimées.]

3.38

source idéale de tension

bipôle élémentaire dont la tension aux bornes est indépendante du courant dans l'élément

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-21, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.39

tension de source

tension aux bornes d'une source idéale de tension

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-22, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.40

source idéale de courant

bipôle élémentaire dont le courant est indépendant de la tension à ses bornes

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-23, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.41

courant de source

courant électrique dans une source idéale de courant

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-24]

3.42

source indépendante

source idéale de tension ou source idéale de courant dont la grandeur de sortie est indépendante de tout courant ou tension extérieur

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-25]

3.43

source dépendante, source commandée

source idéale de tension ou source idéale de courant dont la grandeur de sortie dépend d'une tension ou d'un courant extérieur

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-26, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.44

couplage

<en théorie des circuits> interaction entre éléments de circuit caractérisée par une relation entre une grandeur intégrale relative à l'un d'eux et une grandeur intégrale relative à un autre

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-30]

3.45

multiporte

réseau n à accès

dispositif ou réseau possédant plusieurs accès distincts, par exemple en nombre n spécifié

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-12-68, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.46

réseau

en topologie des réseaux, ensemble d'éléments de circuits idéaux et de leurs interconnexions, considéré comme un tout

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-03, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.47

branche

sous-ensemble d'un réseau, considéré comme un bipôle, constitué par un élément de circuit ou par une combinaison d'éléments de circuit

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-06]

3.48

nœud

extrémité d'une branche, connectée ou non à une ou plusieurs autres branches

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-07]

3.49

boucle

chemin fermé passant une seule fois par un nœud

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-12, modifié – Note à l'article supprimée et "par un nœud" remplace "par tout nœud du chemin".]

3.50

arbre

ensemble connexe de branches reliant tous les nœuds d'un réseau sans former de boucle

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-13, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.51

co-arbre

ensemble de branches d'un réseau non incluses dans un arbre choisi

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-14, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.52

maillon

branche d'un co-arbre

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-15, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.53

maille

ensemble de branches constituant une boucle et ne contenant qu'un seul maillon d'un co-arbre donné

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-13-16, modifié – Note à l'article supprimée.]

3.54

loi de Kirchhoff des nœuds

théorème de théorie des circuits exprimant que la somme algébrique des courants de branche qui arrivent à un nœud quelconque d'un réseau électrique est nulle

[SOURCE: IEC 60050-131:2002, 131-15-09]

3.55

loi de Kirchhoff des mailles

théorème de théorie des circuits exprimant que, le long de tout chemin fermé dans un réseau, la somme algébrique des tensions aux bornes des éléments de circuit passifs et des tensions de source est nulle

[SOURCE: IEC 60050-131: 2002, 131-15-10]

4 Orientation des objets géométriques

4.1 Orientation d'une courbe

Une orientation arbitraire peut être affectée à chaque courbe. Cette orientation est généralement indiquée par une flèche. Cela s'applique aux courbes allant d'un point "a" à un point "b" (voir la Figure 1a) ainsi qu'aux courbes fermées (voir la Figure 1b).

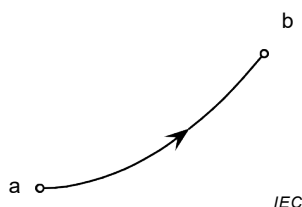


Figure 1a – Courbe point à point



Figure 1b – Courbe fermée

Figure 1 – Orientation d'une courbe

4.2 Orientation d'une surface

Les parties des surfaces généralement prises en considération en physique mathématique comportent deux côtés. Une orientation arbitraire peut leur être affectée. Cette orientation est généralement indiquée par une flèche. Cela s'applique aux surfaces délimitées par une courbe ainsi qu'aux surfaces fermées. En ce qui concerne les surfaces fermées, il est normalement considéré que le sens est contraire au domaine tridimensionnel clos (voir la Figure 2).

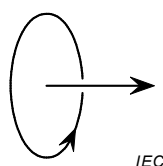


Figure 2 – Orientation d'une surface

L'orientation de la surface délimitée par une courbe fermée dépend généralement de l'orientation de la courbe de sorte qu'à n'importe quel point de la courbe, l'élément vectoriel d'arc définissant l'orientation de la courbe, le vecteur unitaire normal à la surface définissant son orientation, et le vecteur unitaire normal à ces deux vecteurs et orienté vers l'extérieur de la courbe forment un trièdre direct.

4.3 Flèches perpendiculaires au plan de la figure

Il est évident que le sens des flèches perpendiculaires au plan de la figure ne peut pas être lu. Par conséquent, deux symboles supplémentaires doivent être définis. Une flèche pointant dans le sens opposé à celui de l'observateur est représentée par un petit cercle avec une croix $\otimes$ (U+2A02). Une flèche pointant vers l'observateur est représentée par un petit cercle avec un point $\odot$ (U+2A00).

5 Conventions concernant les courants

5.1 Sens physique du courant

Le courant électrique est le flux net de charge électrique à travers une surface. Par convention, le sens physique du courant i est défini comme le sens correspondant à un flux de charge positive. Si la charge quasi-infinitésimale dq traverse une surface prédéterminée, par exemple la section droite d'un conducteur, pendant la durée dt , le courant électrique est

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

NOTE Le sens du courant électrique dans les conducteurs métalliques correspond au sens contraire du flux net des porteurs libres de charge électrique négative transférée d'une borne à l'autre.

5.2 Sens de référence du courant

Le sens de référence du courant dans une branche ou une maille est un sens fixé arbitrairement le long de la branche ou de la maille. Un courant est positif ou négatif dans les équations en fonction de la correspondance du sens physique au sens de référence.

5.3 Indication du sens de référence des courants

5.3.1 Indication du sens de référence des courants de branche

Sur un schéma, l'orientation d'une branche est indiquée par une flèche. Cette flèche peut être placée sur la courbe (voir la Figure 3a et la Figure 3b) ou à proximité de la courbe qui représente le conducteur de la branche (voir la Figure 3c) ou à proximité de la branche (voir la Figure 3d).

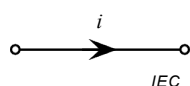


Figure 3a – Sur la courbe

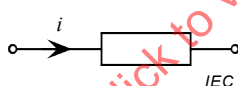


Figure 3b – Dans la branche

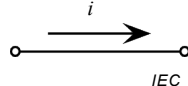


Figure 3c – À proximité de la courbe

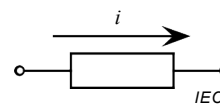


Figure 3d – À proximité de la branche

Figure 3 – Indication du sens de référence d'un courant par une flèche

Une autre possibilité consiste à attribuer un symbole (lettre, chiffre ou autre) à chaque extrémité de la branche. Ces deux symboles sont utilisés comme un double indice au symbole littéral du courant (voir la Figure 4). Le premier indice correspond au bout et le second à la tête de la flèche.

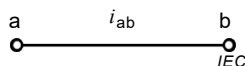


Figure 4a – À proximité de la courbe

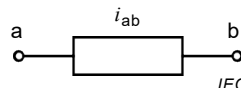


Figure 4b – À proximité de la branche

Figure 4 – Indication du sens de référence par les noms de nœud

Il convient de savoir que la nature de l'orientation d'une branche, indiquée par une flèche ou une paire d'indices, est géométrique et non électrique. Elle conserve tout son sens, même lorsqu'aucun courant ne circule. Elle peut être choisie arbitrairement, mais il convient de ne jamais la modifier une fois sélectionnée.

5.3.2 Indication du sens de référence des courants de maille

Pour indiquer sur un schéma le sens de référence du courant le long d'une maille, une flèche incurvée dont le sens correspond au sens de référence et qui suit le contour de la maille est placée à l'intérieur de cette dernière. La Figure 5 montre un exemple de relations entre les courants de maille et les courants de branche.

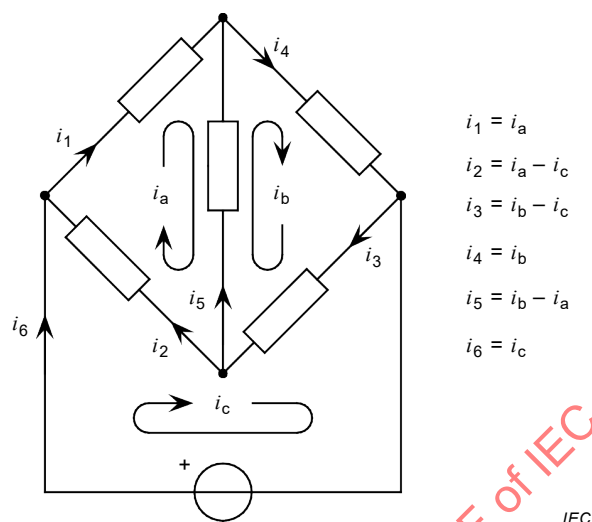


Figure 5 – Indication du sens de référence pour les courants de maille

5.4 Loi de Kirchhoff des nœuds

La loi de Kirchhoff des nœuds exprime que la somme algébrique des courants de branche qui arrivent à un nœud d'un réseau électrique est nulle (voir 3.54). Dans le cas des courants représentés à la Figure 6a, la loi de Kirchhoff des nœuds appliquée au nœud central s'exprime par:

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

Si le sens de référence d'un courant (le courant i_3 sur la Figure 6b, par exemple) est orienté dans la direction opposée au nœud, le courant correspondant doit être pris avec le signe opposé. Dans ce cas, la loi de Kirchhoff des nœuds s'exprime par:

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

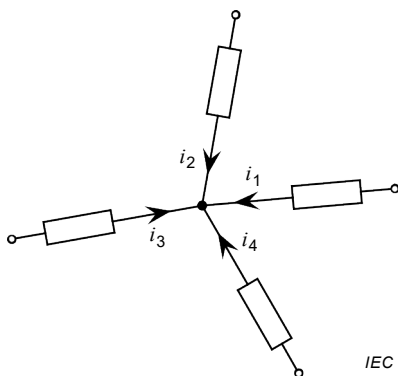


Figure 6a – Tous les courants orientés vers le nœud

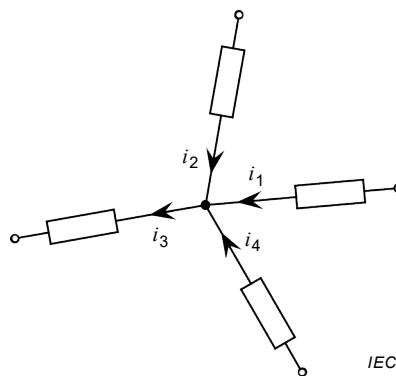


Figure 6b – Un courant orienté dans le sens opposé au nœud

Figure 6 – Exemples de la loi de Kirchhoff des nœuds

6 Conventions concernant les tensions

6.1 Polarité physique de la tension

Dans un réseau électrique, la tension entre deux nœuds ordonnés, "a" et "b", est la différence des potentiels électriques aux nœuds "a" et "b".

Pour deux nœuds, "a" et "b", dans l'ordre "ab", la tension u_{ab} est définie sous la forme $u_{ab} = V_a - V_b$, où V_a et V_b sont respectivement les potentiels électriques aux nœuds "a" et "b".

Une tension est positive ou négative dans les équations en fonction de la correspondance de la polarité physique à la polarité de référence.

6.2 Polarité de référence d'une paire de nœuds

La polarité d'une paire de nœuds est déterminée par l'ordre des nœuds. La polarité de référence peut être choisie arbitrairement.

6.3 Indication de la polarité de référence

6.3.1 Première méthode

La polarité de référence d'une tension est indiquée par une ligne, droite ou courbée, avec un signe plus (+) du côté du premier nœud dans l'ordre des nœuds ("a" dans "ab"). Un signe moins (-) peut, si cela est souhaité, être placé à l'autre extrémité de la ligne. Le symbole littéral représentant la tension est placé à côté de la ligne (voir la Figure 7).

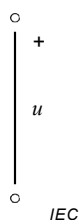


Figure 7a – Polarité de référence indiquée au niveau d'un nœud

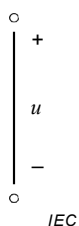


Figure 7b – Polarité de référence indiquée au niveau des deux nœuds

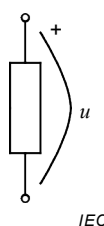


Figure 7c – Polarité de référence indiquée sur une branche

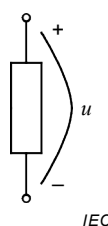


Figure 7d – Polarité de référence indiquée deux fois sur une branche

Figure 7 – Indication de la polarité de référence par les signes plus et moins

La ligne peut être omise s'il n'y a pas d'ambiguïté dans l'appariement des nœuds. C'est le cas pour l'indication des tensions au niveau d'un réseau à deux accès (voir la Figure 8).

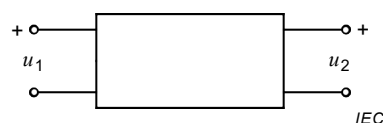


Figure 8 – Indication simplifiée de la polarité de référence par les signes plus

6.3.2 Deuxième méthode

La polarité de référence de la tension est indiquée par une flèche dont la queue correspond au premier nœud dans l'ordre des nœuds ("a" dans "ab"). Le symbole littéral représentant la tension est placé à côté de la flèche (voir la Figure 9).

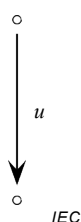


Figure 9a – À proximité de la courbe

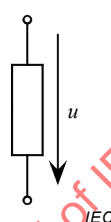


Figure 9b – À proximité de la branche

Figure 9 – Indication de la polarité de référence par une flèche

Il n'est pas recommandé d'utiliser la flèche dont la tête se situe au niveau du point correspondant au potentiel supérieur. Cette méthode est toutefois souvent utilisée. Si un auteur souhaite l'utiliser, il convient qu'il l'indique clairement dans son texte.

6.3.3 Troisième méthode

La polarité de référence d'une tension est indiquée par un double indice affecté au symbole littéral représentant la tension, étant entendu que le premier indice correspond au premier nœud dans l'ordre des nœuds ("a" dans "ab"). Cela signifie que $u_{ab} = V_a - V_b$. Comme dans la première méthode, le symbole littéral est placé à côté de la ligne droite ou courbe entre les deux nœuds (voir la Figure 10).

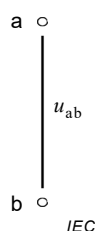


Figure 10a – À proximité de la courbe

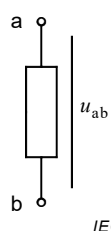


Figure 10b – À proximité de la branche

Figure 10 – Indication de la polarité de référence par les noms de nœud

La ligne peut être omise s'il n'y a pas d'ambiguïté dans l'appariement des nœuds. C'est le cas pour indiquer les tensions au niveau d'un réseau à deux accès (voir la Figure 11).

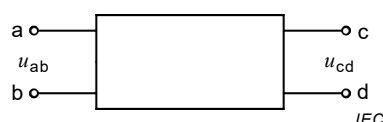


Figure 11 – Indication simplifiée de la polarité de référence par les noms de nœud

6.4 Loi de Kirchhoff des mailles

La loi de Kirchhoff des mailles exprime que la somme algébrique des tensions aux bornes des branches est nulle le long de tout chemin fermé dans un réseau électrique. Les tensions doivent être prises avec le signe correspondant à leurs polarités de référence en fonction du sens de parcours autour de la maille.

Cela signifie que, si toutes les polarités de référence sont définies dans le même sens autour de la maille, comme sur la Figure 12a, alors

$$u_{ab} + u_{bc} + u_{cd} + u_{da} = 0$$

Si certaines polarités de référence sont définies dans le sens contraire, les tensions correspondantes doivent être prises avec le signe opposé. Sur la Figure 12b, la loi de Kirchhoff des mailles donne

$$u_{ab} - u_{cb} - u_{dc} + u_{da} = 0$$

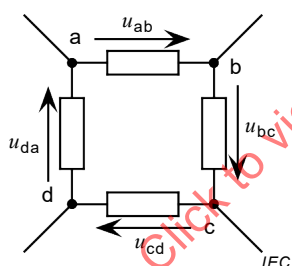


Figure 12a – Toutes les polarités de référence dans le même sens

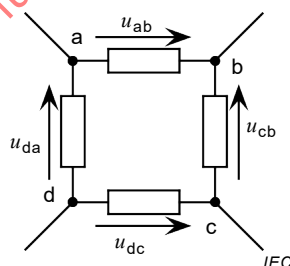


Figure 12b – Toutes les polarités de référence dans des sens opposés

Figure 12 – Exemples de la loi de Kirchhoff des mailles

D'autres combinaisons de symboles de courant et de tension sont possibles, mais celles des exemples de la Figure 12 sont recommandées.

7 Conventions concernant la puissance

7.1 Sens physique de la puissance

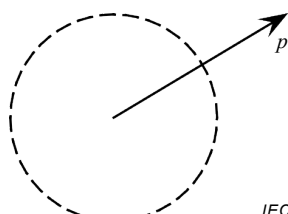
Il est considéré que le sens physique de la puissance est le sens du transfert d'énergie correspondant.

7.2 Sens de référence de la puissance

Le sens de référence d'une puissance qui quitte une région délimitée ou y pénètre, ou est associée à une ligne de transmission, est toujours un sens fixé arbitrairement. Une puissance est considérée comme positive si son sens physique correspond au sens de référence.

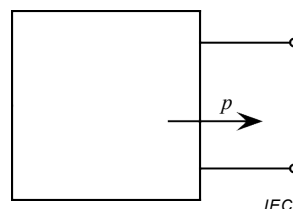
7.3 Indication du sens de référence de la puissance

Le sens de référence de la puissance est indiqué sur un schéma par une flèche dans le sens correspondant. Dans le cas d'une région, la flèche s'applique à la région, qui peut être délimitée par une ligne en pointillé (voir la Figure 13a). Dans le cas d'un accès, la flèche est placée avec la paire de conducteurs de ligne (voir la Figure 13b).



IEC

Figure 13a – À partir d'une région



IEC

Figure 13b – À partir d'un accès

Figure 13 – Indication du sens de référence de la puissance

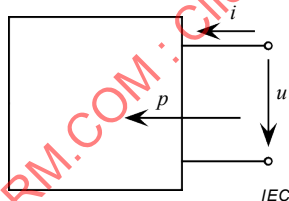
7.4 Conventions combinées

7.4.1 Généralités

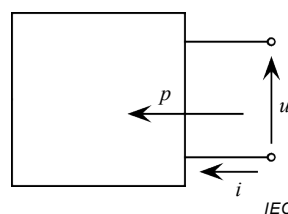
Au niveau d'un accès, un sens de référence pour le courant, une polarité de référence pour la tension et un sens de référence pour la puissance peuvent être définis arbitrairement. Huit combinaisons sont donc disponibles. Il convient d'éviter quatre d'entre elles, car elles aboutiraient à la relation $p = -ui$.

7.4.2 Convention moteur

La convention moteur pour un accès est un groupe de conventions de référence où le sens de référence du courant entre dans le réseau au niveau de la borne qui présente le potentiel de référence le plus élevé pour la tension et où le sens de référence de la puissance entre dans le réseau (voir la Figure 14).



IEC

Figure 14a – Courant entrant
au potentiel de référence
le plus élevé

IEC

Figure 14b – Courant entrant
au potentiel de référence
le moins élevé

Figure 14 – Exemples de conventions moteur

D'autres combinaisons de symboles de courant et de tension sont possibles, mais celles des exemples de la Figure 14 sont recommandées.

Dans certains cas, le sens de référence de la puissance est évident et n'est pas indiqué.

7.4.3 Convention générateur

La convention générateur pour un accès est un groupe de conventions de référence où le sens de référence du courant quitte le réseau au niveau de la borne qui présente le potentiel de référence le plus élevé pour la tension et où le sens de référence de la puissance quitte le réseau (voir la Figure 15).

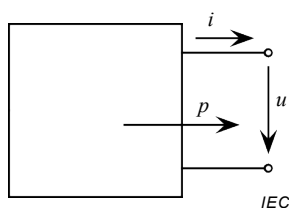


Figure 15a – Courant sortant au potentiel de référence le plus élevé

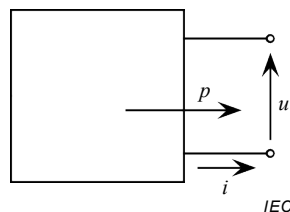


Figure 15b – Courant sortant au potentiel de référence le moins élevé

Figure 15 – Exemples de conventions générateur

D'autres combinaisons de symboles de courant et de tension sont possibles, mais celles des exemples de la Figure 15 sont recommandées.

Dans certains cas, le sens de référence de la puissance est évident et n'est pas indiqué.

8 Conventions concernant les réseaux à deux accès

Dans le cas d'un réseau à deux accès, une convention de référence pour les tensions et courants associés est présentée à la Figure 16 (il en existe une autre, mais elle n'est pas présentée ici).

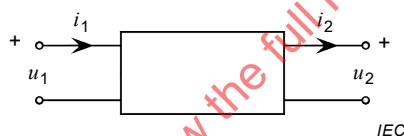


Figure 16 – Convention de référence pour un réseau à deux accès

9 Conventions concernant les sources

9.1 Conventions concernant les sources de tension

9.1.1 Sources de tension indépendantes

Une source de tension indépendante est un bipôle élémentaire actif dont la tension de source aux bornes est indépendante du courant dans l'élément et de tout courant ou tension extérieur(e).

Le symbole graphique d'une source idéale de tension (IEC 60617-S00206) est employé pour composer la représentation graphique d'une source de tension indépendante avec une annotation telle que présentée à la Figure 17, l'une des conventions données au 6.3 étant utilisée.

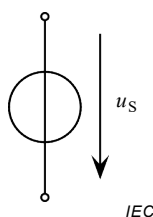


Figure 17 – Représentation graphique d'une source de tension indépendante

9.1.2 Sources de tension commandées

La tension de source d'une source de tension commandée dépend d'une tension ou d'un courant électrique externe ². La tension de source est $U_s = \alpha U_c$ pour une source de tension commandée par une tension u_c , et $U_s = \beta i_c$ pour une source de tension commandée par un courant i_c . Les unités sont 1 pour α et l'ohm pour β .

La représentation graphique d'une source de tension commandée par une tension est présentée à la Figure 18, l'une des conventions données au 6.3 étant utilisée.

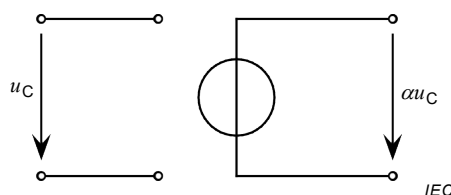


Figure 18 – Représentation graphique d'une source de tension commandée par une tension: $U_s = \alpha U_c$

La représentation graphique d'une source de tension commandée par un courant est présentée à la Figure 19, l'une des conventions données au 5.3 et 6.3, respectivement, étant utilisée.

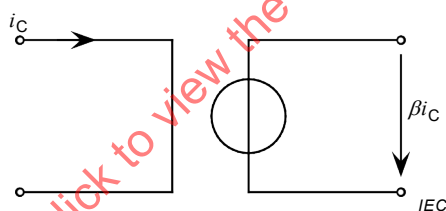


Figure 19 – Représentation graphique d'une source de tension commandée par un courant: $U_s = \beta i_c$

9.2 Conventions concernant les sources de courant

9.2.1 Sources de courant indépendantes

Une source de courant indépendante est un bipôle élémentaire actif dont le courant de source est indépendant de la tension à ses bornes et de tout courant ou tension extérieur(e).

Le symbole graphique d'une source idéale de courant (IEC 60617-S00205) est utilisé pour composer la source de courant indépendante (voir la Figure 20). Une flèche au niveau de la source de courant définit le sens de référence du courant, l'une des conventions données au 5.3 étant utilisée.

² D'autres grandeurs peuvent également être utilisées pour commander une source de tension (illumination, température, par exemple).

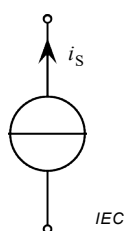


Figure 20 – Représentation graphique d'une source de courant indépendante

9.2.2 Sources de courant commandées

Le courant de source d'une source de courant commandée dépend d'une tension ou d'un courant électrique externe ³. Le courant de source est $i_s = \gamma u_c$ pour une source de courant commandée par une tension u_c , et $i_s = \delta i_c$ pour une source de courant commandée par un courant i_c . Les unités sont les siemens pour γ et 1 pour δ .

Le symbole graphique d'une source idéale de courant (IEC 60617-S00205) est employé pour composer la représentation graphique d'une source de courant commandée par une tension (voir la Figure 21), l'une des conventions données au 6.3 et au 5.3, respectivement, étant utilisée.

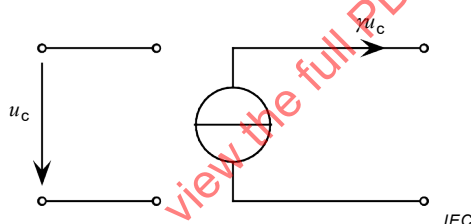


Figure 21 – Représentation graphique d'une source de courant commandée par une tension: $i_s = \gamma u_c$

Le symbole graphique d'une source idéale de courant (IEC 60617-S00205) est employé pour composer la représentation graphique d'une source de courant commandée par un courant (voir la Figure 22), l'une des conventions données au 5.3 étant utilisée.

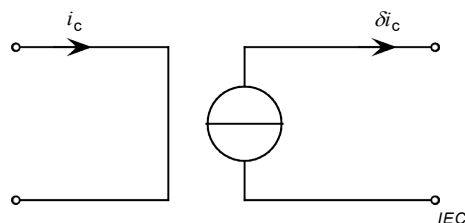


Figure 22 – Représentation graphique d'une source de courant commandée par un courant: $i_s = \delta i_c$

³ D'autres grandeurs peuvent également être utilisées pour commander une source de courant (illumination, température, par exemple).