

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
375**

Première édition
First edition
1972

**Conventions concernant les circuits
électriques et magnétiques**

**Conventions concerning electric
and magnetic circuits**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 375: 1972

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
375**

Première édition
First edition
1972

**Conventions concernant les circuits
électriques et magnétiques**

**Conventions concerning electric
and magnetic circuits**

© CEI 1972 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
CHAPITRE I: CONVENTIONS CONCERNANT LES SIGNES DES GRANDEURS DANS LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES EN GÉNÉRAL	
1. Objet	6
2. Conventions concernant le courant électrique	6
3. Conventions concernant la tension	10
4. Conventions concernant la force électromotrice	14
5. Conventions concernant la charge d'un condensateur	16
6. Conventions concernant le flux magnétique	18
7. Convention concernant l'inductance mutuelle	20
8. Indication de la correspondance entre les polarités des tensions de circuits électriques couplés	20
9. Conventions concernant la puissance	22
CHAPITRE II: CONVENTIONS CONCERNANT LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES EN RÉGIME SINUSOÏDAL	
10. Convention concernant la représentation complexe des grandeurs sinusoïdales	26
11. Convention concernant la représentation complexe des opérateurs	26
12. Convention concernant la représentation géométrique des grandeurs complexes	28
13. Convention concernant la différence de phase	28
14. Conventions concernant les puissances	32
COMMENTAIRES	36

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5

Clause

CHAPTER I: CONVENTIONS CONCERNING THE SIGNS OF QUANTITIES IN ELECTRIC AND MAGNETIC CIRCUITS IN GENERAL

1. Object	7
2. Conventions concerning electric current	7
3. Conventions concerning voltage (tension)	11
4. Conventions concerning electromotive force	15
5. Conventions concerning the charge of a capacitor	17
6. Conventions concerning magnetic flux	19
7. Convention concerning mutual inductance	21
8. Indication of the correspondence between the voltage polarities of coupled electric circuits	21
9. Conventions concerning power	23

CHAPTER II: CONVENTIONS CONCERNING ELECTRIC AND MAGNETIC CIRCUITS UNDER SINUSOIDAL CONDITIONS

10. Convention concerning the complex representation of sinusoidal quantities	27
11. Convention concerning the complex representation of operators	27
12. Convention concerning the geometric representation of complex quantities	29
13. Convention concerning phase difference	29
14. Conventions concerning power	33

COMMENTARY	37
----------------------	----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONVENTIONS CONCERNANT LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES
ET MAGNÉTIQUES

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 25 de la CEI: Grandeurs et unités électriques et magnétiques. Un premier projet, préparé par M. M. K. Landolt, fut diffusé en 1960. A cause de grandes divergences, surtout concernant l'indication de la convention de signe d'une tension, deux autres projets et un questionnaire ont été nécessaires avant qu'il ne fût possible de rédiger le projet définitif, qui fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en 1969.

Les pays suivants se sont prononcés en faveur de la publication:

Afrique du Sud	France
Allemagne	Iran
Australie	Israël
Autriche	Pays-Bas
Belgique	Suède
Canada	Suisse
Danemark	Turquie
Etats-Unis d'Amérique	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Finlande	Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CONVENTIONS CONCERNING ELECTRIC AND MAGNETIC
CIRCUITS

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 25, Electric and Magnetic Quantities and Units. A first draft, prepared by Mr. M. K. Landolt, was circulated in 1960. Because of considerable divergence of view (concerning in particular the indication of the sign convention of a voltage), two further drafts and a questionnaire were necessary before it was possible to compose the final draft, which was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in 1969.

The following countries voted in favour of publication:

Australia	Netherlands
Austria	South Africa
Belgium	Sweden
Canada	Switzerland
Denmark	Turkey
Finland	Union of Soviet Socialist Republics
France	United States of America
Germany	Yugoslavia
Iran	
Israel	

CONVENTIONS CONCERNANT LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES

CHAPITRE I: CONVENTIONS CONCERNANT LES SIGNES DES GRANDEURS DANS LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES EN GÉNÉRAL

1. Objet

Le but principal du chapitre I est de recommander:

- a) Des conventions sur la signification, dans un circuit, du caractère positif ou négatif d'un courant, d'une tension, d'une force électromotrice, d'une charge électrique et d'un flux magnétique.
- b) Des conventions sur les manières d'indiquer dans les schémas de circuit, à l'aide de symboles graphiques ou d'indices accompagnant les symboles littéraux, les conventions de signe des grandeurs mentionnées sous a).

Des conventions de signe sont nécessaires pour traduire une équation de circuit. Dans ce chapitre aucune règle n'est donnée pour l'association de conventions de signe de différentes grandeurs dans le même circuit, ni pour écrire les équations d'un circuit complet. Là où des conventions de signe sont indiquées par des flèches, aucune directive n'est donnée concernant la forme des flèches.

Les grandeurs en question sont en général des fonctions du temps. Les conventions de ce chapitre concernent les valeurs instantanées. Elles peuvent toutefois également s'appliquer aux grandeurs complexes représentant des grandeurs sinusoïdales, du fait que pour de telles grandeurs il est possible, au moyen de règles simples, de transformer des équations entre valeurs instantanées en équations entre valeurs complexes.

Le chapitre donne des exemples pour chaque manière recommandée d'indiquer le sens de référence ou la polarité de référence pour une seule grandeur. Des exemples plus compliqués, associant des indications de sens de référence ou polarités de référence pour plusieurs grandeurs dans le même schéma, sont donnés dans les commentaires.

2. Conventions concernant le courant électrique

2.1 Sens de référence du courant

Le sens de référence du courant d'une branche ou d'une maille est un sens fixé arbitrairement le long de la branche ou de la maille. Un courant est positif quand son sens correspond au sens de référence.

Remarque. — On peut utiliser « sens positif » à la place de « sens de référence ».

CONVENTIONS CONCERNING ELECTRIC AND MAGNETIC CIRCUITS

CHAPTER I: CONVENTIONS CONCERNING THE SIGNS OF QUANTITIES IN ELECTRIC AND MAGNETIC CIRCUITS IN GENERAL

1. Object

The chief aim of Chapter I is to recommend:

- a) Conventions on the meaning in a circuit of the positive or negative character of a current, voltage (tension), electromotive force, electric charge and magnetic flux.
- b) Conventions on the methods of indicating in circuit diagrams, by graphical symbols or by subscripts accompanying letter symbols, the sign conventions for the quantities mentioned in a).

Sign conventions are necessary to interpret a circuit equation. In this Chapter no rule is given for associating the sign conventions of different quantities in the same circuit, nor for writing the equations of a complete network. Where sign conventions are indicated by arrows, no directive is given as to the form that the arrows should take.

The quantities in question are usually functions of time. The conventions in this Chapter concern instantaneous values. They can be applied to complex quantities representing sinusoidal quantities, because for such quantities it is possible by means of simple rules to transform equations relating instantaneous values into those relating complex values.

This Chapter gives examples of each recommended method of indicating the reference direction or reference polarity for quantities taken singly. More complicated examples, associating indications of the reference directions or reference polarities of several quantities in the same diagram, are given in the Commentary.

2. Conventions concerning electric current

2.1 Reference direction of a current

The reference direction of the current in a branch or around a mesh is a direction fixed arbitrarily along the branch or around the mesh. A current is considered as positive when its direction corresponds to the reference direction.

Remark. — “Positive direction” can be used instead of “reference direction”.

2.2 Indication du sens de référence du courant d'une branche

Pour indiquer dans un schéma le sens de référence du courant d'une branche, les deux manières spécifiées ci-dessous sont recommandées.

Première manière :

On place une flèche dont le sens correspond au sens de référence sur la ligne ou à côté de la ligne qui représente le conducteur de la branche, ou à côté de la branche.

Exemples :

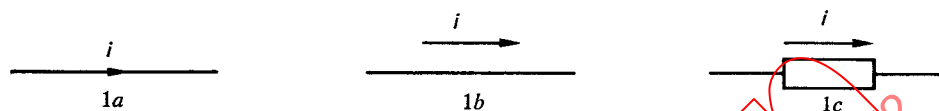


FIG. 1. — Indication du sens de référence d'un courant par une flèche.

Seconde manière :

On utilise un double indice affecté au symbole littéral du courant, étant convenu que la succession des indices correspond au sens de référence.

Exemple :

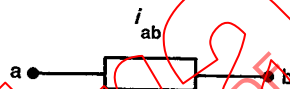


FIG. 2. — Indication du sens de référence d'un courant de a vers b par un double indice.

2.3 Indication du sens de référence du courant d'une maille

Pour indiquer dans un schéma le sens de référence du courant d'une maille, on place dans la maille une flèche incurvée dont le sens correspond au sens de référence et qui suit le contour de la maille.

Exemple :

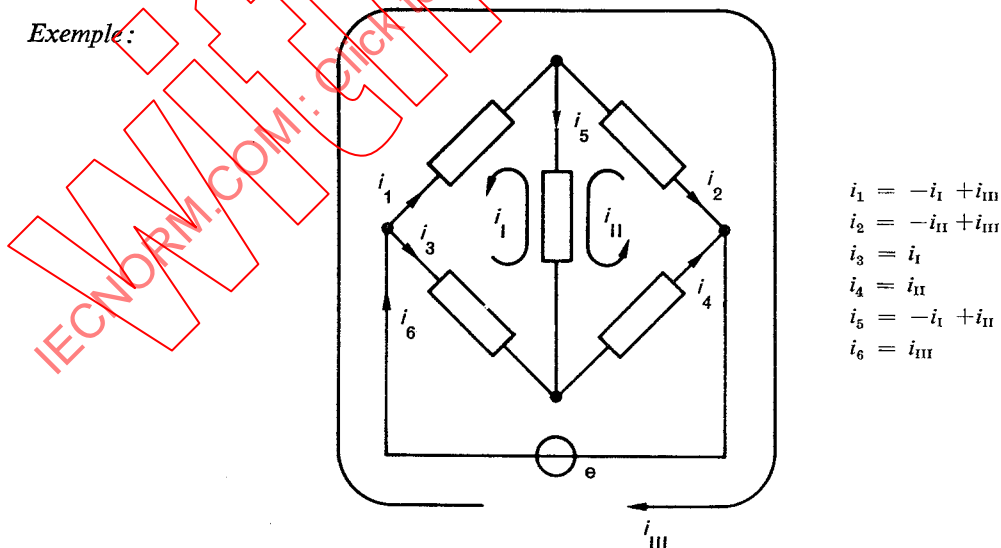


FIG. 3. — Indication du sens de référence de courants de maille.

Remarque. — Si dans un même schéma figurent simultanément des courants de maille et des courants de branche, le sens de référence des courants de branche doit être indiqué par une flèche sur la ligne.

Remarque générale. — Les branches indiquées dans les figures 1, 2 et 3 peuvent représenter des dipôles quelconques, y compris des sources de courant et des sources de tension.

2.2 Indication of the reference direction of the current in a branch

To indicate in a diagram the reference direction of the current in a branch, the two methods stated below are recommended.

First method:

An arrow having a direction corresponding to the reference direction is placed on or beside the line representing the branch conductor, or beside the branch.

Examples:

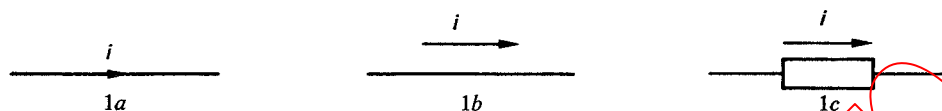


FIG 1. — Indication of the reference direction of a current by an arrow.

Second method:

A double subscript is attached to the letter symbol for current, the succession of the subscripts being understood to correspond to the reference direction.

Example:

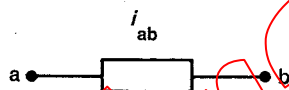


FIG. 2. — Indication of the reference direction of a current from a to b by a double subscript.

2.3 Indication of the reference direction of the current around a mesh

To indicate in a diagram the reference direction of the current around a mesh, a curved arrow having a corresponding direction is placed in the mesh so as to follow its contour.

Example:

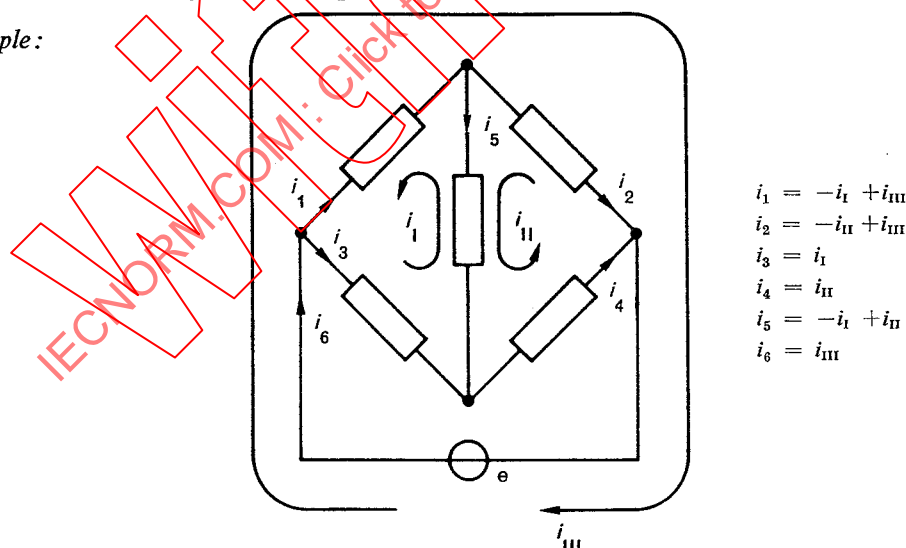


FIG 3. — Indication of the reference direction of mesh currents.

Remark. — If mesh currents and branch currents both figure in the same diagram, the reference direction of branch currents should be indicated by an arrow on the line.

General Remark. — The branches indicated in Figures 1, 2 and 3 can represent two-poles of any kind, including current sources and voltage sources.

3. Conventions concernant la tension

3.1 Polarité d'une tension

La polarité d'une tension entre deux points est une désignation utilisée pour exprimer lequel de ces points a le potentiel le plus élevé.

3.2 Polarité de référence de la tension

La polarité de référence d'une tension entre deux points est une polarité fixée arbitrairement pour les deux points. Une tension est positive quand sa polarité correspond à la polarité de référence.

Remarque. — On peut utiliser « polarité positive » à la place de « polarité de référence ».

3.3 Sens de référence de la tension

Le sens de référence d'une tension entre deux points est un sens fixé arbitrairement d'un point à l'autre. Une tension est positive quand l'intégrale de ligne du champ électrique correspondant, prise entre les deux points dans le sens de référence, est positive.

Remarque. — On peut utiliser « sens positif » à la place de « sens de référence ».

3.4 Indication de la convention de signe d'une tension

Pour indiquer dans un schéma la convention de signe d'une tension entre deux points, les trois manières spécifiées ci-dessous sont recommandées.

Première manière :

On indique sa polarité de référence par les signes de référence + et — placés près des deux points, le signe + correspondant au potentiel le plus élevé. On peut omettre le signe — s'il n'y a pas risque de confusion.

Exemples :

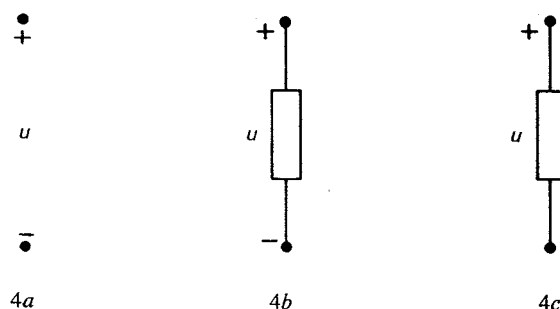


FIG. 4. — Indication de la polarité de référence d'une tension par des signes + et —.

Remarque 1. — Dans le cas d'un schéma comportant un ou plusieurs nœuds où plusieurs branches se rencontrent, il est recommandé de dessiner les signes de référence + et — de telle façon que l'un des traits soit parallèle à la branche à laquelle le signe se rapporte.

3. Conventions concerning voltage (tension)

3.1 Polarity of a voltage

The polarity of a voltage between two points is a term used to express which of the points has the higher potential.

3.2 Reference polarity of a voltage

The reference polarity of a voltage between two points is a polarity fixed arbitrarily for the two points. A voltage is considered as positive when its polarity corresponds to the reference polarity.

Remark. — “Positive polarity” can be used instead of “reference polarity”.

3.3 Reference direction of a voltage

The reference direction of a voltage between two points is a direction fixed arbitrarily from one point to the other. A voltage is considered as positive when the line-integral of the corresponding electric field intensity, taken between the two points in the reference direction, is positive.

Remark. — “Positive direction” can be used instead of “reference direction”.

3.4 Indication of the sign convention of a voltage

To indicate in a diagram the sign convention of a voltage between two points, the three methods stated below are recommended.

First method:

The reference polarity is indicated by reference signs $+$ and $-$ placed beside the points, with the $+$ sign corresponding to the higher potential. If there is no risk of confusion, the $-$ sign can be omitted.

Examples:

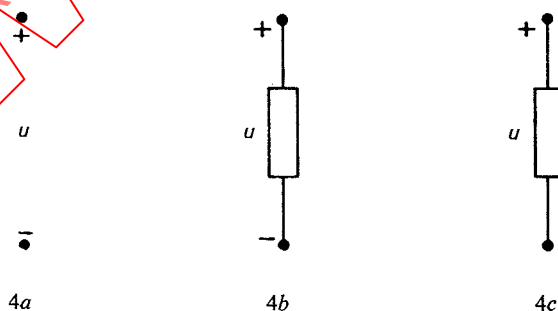


FIG. 4. — Indication of the reference polarity of a voltage by $+$ and $-$ signs.

Remark 1. — In the case of a diagram having one or more nodes at which several branches meet, it is recommended that the reference signs $+$ and $-$ be arranged so that one of the strokes is parallel to the branch to which the sign corresponds.

Exemple :

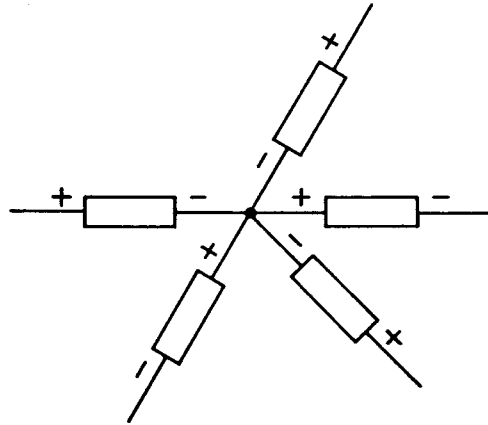


FIG 5. — Indication des polarités de référence de tensions dans le cas d'un nœud.

Remarque 2. — S'il y a risque de confusion dans le cas où des tensions continues sont impliquées, on utilisera les symboles (+) et (—), les signes de référence étant placés entre parenthèses, pour indiquer la polarité de référence.

Deuxième manière :

On indique son sens de référence par une flèche placée entre les deux points et dont le sens correspond au sens de référence.

Note. — Comme conséquence de la définition du sens de référence de la tension donnée dans le paragraphe 3.3, la queue de la flèche correspond au potentiel le plus élevé.

Exemples :

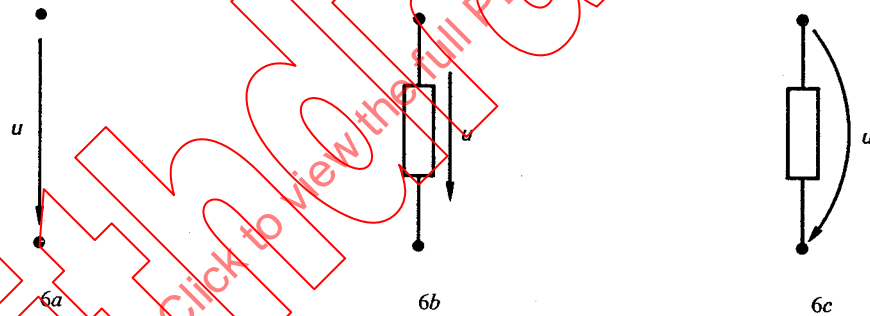


Fig. 6. — Indication du sens de référence d'une tension par une flèche.

Remarque 3. — L'usage de la flèche avec sa pointe au potentiel le plus élevé n'est pas recommandé. Cependant, cette méthode est souvent utilisée. Si un auteur estime devoir en faire usage, il doit l'explicitier dans le texte.

Troisième manière :

On utilise un double indice affecté au symbole littéral de la tension, étant convenu que le premier indice correspond au signe de référence + ou à la queue de la flèche.

Exemple :

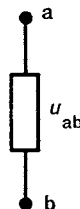


FIG. 7. — Indication de la polarité de référence d'une tension ou de son sens de référence (correspondant au signe + ou à la queue de la flèche en a) par un double indice.

Remarque générale 1. — Les trois manières décrites pour l'indication de la convention de signe d'une tension entre deux points conduisent, en suivant un chemin déterminé, aux relations équivalentes suivantes :

Example:

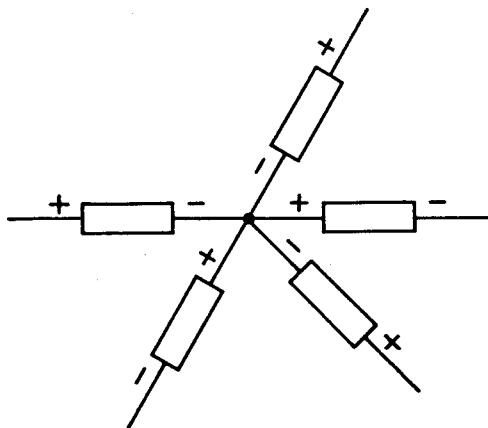


FIG. 5. — Indication of the reference polarities of the voltages at a node.

Remark 2. — If in the case where direct voltages are concerned there is any risk of confusion, symbols (+) and (−) are used to indicate reference polarity, the reference signs being enclosed within brackets.

Second method:

The reference direction is indicated by an arrow placed between the points and having a corresponding direction.

Note. — As a consequence of the definition of the reference direction of voltage given in Sub-clause 3.3, the tail of the arrow corresponds to the higher potential.

Examples:

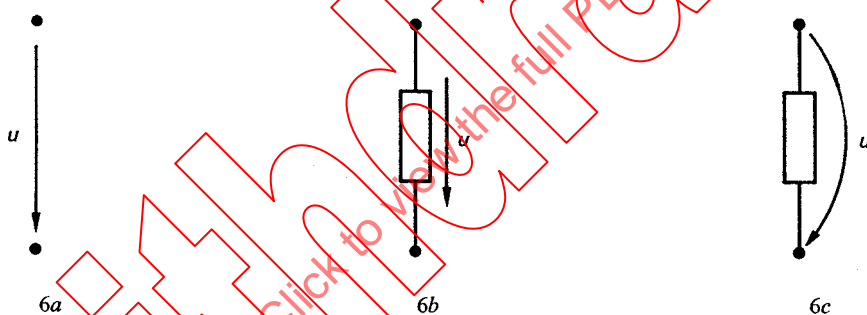


FIG. 6. — Indication of the reference direction of a voltage by an arrow.

Remark 3. — 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 should make this clear in his text.

Third method:

A double subscript is attached to the letter symbol for voltage, the first subscript being understood to correspond to the + reference sign or to the tail of the arrow.

Example:

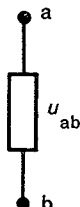


FIG. 7. — Indication of the reference polarity of a voltage or its reference direction (corresponding to the + sign or the tail of the arrow at a) by a double subscript.

General remark 1. — The three methods described for the indication of the sign convention of the voltage between two points lead to the following equivalent relations for a given path:

$$u = \int_{+}^{-} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \int_{\text{queue}}^{\text{pointe}} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

ou

$$u_{ab} = \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

Ces expressions se réduisent respectivement à :

$$u = v_{+} - v_{-} = v_{\text{queue}} - v_{\text{pointe}}$$

ou

$$u_{ab} = v_a - v_b$$

au cas où la notion de potentiel s'applique.

2. — Les branches indiquées dans les figures 4, 5, 6 et 7 peuvent représenter des dipôles quelconques, y compris des sources de tension et des sources de courant.

4. Conventions concernant la force électromotrice

4.1 Polarité et sens d'une force électromotrice

La polarité d'une force électromotrice est la polarité de la tension qui en résulte en circuit ouvert.

Le sens d'une force électromotrice est le sens du courant qui en résulte dans un circuit fermé sur une résistance pure.

4.2 Polarité de référence et sens de référence de la force électromotrice

La polarité de référence d'une force électromotrice est une polarité fixée arbitrairement. Une force électromotrice est positive quand sa polarité correspond à la polarité de référence.

Remarque 1. — On peut utiliser « polarité positive » à la place de « polarité de référence ».

Le sens de référence d'une force électromotrice est un sens fixé arbitrairement. Une force électromotrice est positive quand son sens correspond au sens de référence.

Remarque 2. — On peut utiliser « sens positif » à la place de « sens de référence ».

4.3 Indication de la convention de signe d'une force électromotrice

Pour indiquer dans un schéma la convention de signe d'une force électromotrice entre deux points, les trois manières spécifiées ci-dessous sont recommandées.

Première manière :

On indique sa polarité de référence par les signes de référence + et — placés près des deux points, le signe + correspondant au potentiel le plus élevé. On peut omettre le signe — s'il n'y a pas risque de confusion.

Exemples :

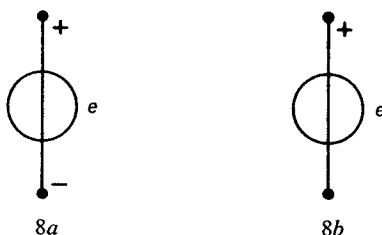


FIG 8. — Indication de la polarité de référence d'une force électromotrice par des signes + et —.

$$u = \int_{+}^{-} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \int_{\text{tail}}^{\text{head}} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

or

$$u_{ab} = \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}$$

These expressions reduce respectively to

$$u = v_{+} - v_{-} = v_{\text{tail}} - v_{\text{head}}$$

or

$$u_{ab} = v_a - v_b$$

where the concept of potential can properly be applied.

2. — The branches indicated in Figures 4, 5, 6 and 7 can represent two-poles of any kind, including voltage sources and current sources.

4. Conventions concerning electromotive force

4.1 Polarity and direction of an electromotive force

The polarity of an electromotive force is considered to be the polarity of the voltage that results from it on open circuit.

The direction of an electromotive force is considered to be the direction of the current that results from it in a closed resistive circuit.

4.2 Reference polarity and reference direction of an electromotive force

The reference polarity of an electromotive force is a polarity fixed arbitrarily. An electromotive force is considered as positive when its polarity corresponds to the reference polarity.

Remark 1. — “Positive polarity” can be used instead of “reference polarity”.

The reference direction of an electromotive force is a direction fixed arbitrarily. An electromotive force is considered as positive when its direction corresponds to the reference direction.

Remark 2. — “Positive direction” can be used instead of “reference direction”.

4.3 Indication of the sign convention of an electromotive force

To indicate in a diagram the sign convention of an electromotive force between two points, the three methods stated below are recommended.

First method:

The reference polarity is indicated by reference signs + and – placed beside the points, with the + sign corresponding to the higher potential. If there is no risk of confusion, the – sign can be omitted.

Examples:

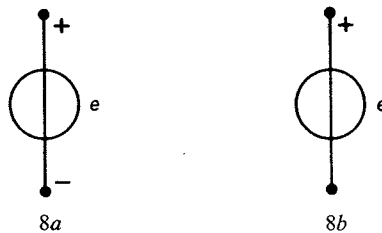


FIG. 8. — Indication of the reference polarity of an electromotive force by + and – signs.

Deuxième manière :

On indique son sens de référence par une flèche placée à côté du symbole ou dans le symbole et dont le sens correspond au sens de référence.

Note. — Comme conséquence de la définition du sens d'une force électromotrice donnée dans le paragraphe 4.1, la queue de la flèche correspond au potentiel le plus bas.

Exemples :



FIG. 9. — Indication du sens de référence d'une force électromotrice par une flèche.

Troisième manière :

On utilise un double indice affecté au symbole littéral de la force électromotrice, étant convenu que le premier indice correspond au signe de référence — ou à la queue de la flèche.

Exemple :



FIG. 10. — Indication de la polarité de référence d'une force électromotrice ou de son sens de référence (correspondant au signe — ou à la queue de la flèche en b) par un double indice.

Remarque générale. — Les trois manières décrites pour l'indication de la convention de signe de la force électromotrice à vide entre deux points conduisent aux relations équivalentes suivantes :

$$e = v_+ - v_- = v_{\text{pointe}} - v_{\text{queue}}$$

ou

$$e_{ba} = v_a - v_b$$

au cas où la notion de potentiel s'applique.

Note. — La C E I n'a pas fixé de symbole graphique pour la source de tension.

5. Conventions concernant la charge d'un condensateur

5.1 Polarité de référence de la charge d'un condensateur

La polarité de référence de la charge d'un condensateur est une polarité fixée arbitrairement pour les deux armatures du condensateur. La charge d'un condensateur est positive quand sa polarité correspond à la polarité de référence.

Remarque. — On peut utiliser « polarité positive » à la place de « polarité de référence ».

Second method:

The reference direction is indicated by an arrow placed beside or within the symbol and having a corresponding direction.

Note. — As a consequence of the definition of the direction of an electromotive force given in Sub-clause 4.1, the tail of the arrow corresponds to the lower potential.

Examples:



FIG. 9. — Indication of the reference direction of an electromotive force by an arrow.

Third method:

A double subscript is attached to the letter symbol for electromotive force, the first subscript being understood to correspond to the — reference sign or to the tail of the arrow.

Example:



FIG. 10. — Indication of the reference polarity of an electromotive force or its reference direction (corresponding to the — sign or the tail of the arrow at b) by a double subscript.

General remark. — The three methods described for the indication of the sign convention of the open-circuit electromotive force between two points lead to the following equivalent relations:

$$e = v_+ - v_- = v_{\text{head}} - v_{\text{tail}}$$

or

$$e_{ba} = v_a - v_b$$

where the concept of potential can properly be applied.

Note. — The I E C has not decided on the graphical symbol for a voltage source.

5. Conventions concerning the charge of a capacitor

5.1 Reference polarity of the charge of a capacitor

The reference polarity of the charge of a capacitor is a polarity fixed arbitrarily for the two electrodes of the capacitor. The charge of a capacitor is considered as positive when its polarity corresponds to the reference polarity.

Remark. — “Positive polarity” can be used instead of “reference polarity”.

5.2 Indication de la polarité de référence de la charge d'un condensateur

Pour indiquer dans un schéma la polarité de référence de la charge d'un condensateur, on place les signes de référence $+$ et $-$ près des deux armatures, le signe $+$ correspondant à la charge positive. On peut omettre le signe $-$ s'il n'y a pas risque de confusion.

Exemples :



FIG. 11. — Indication de la polarité de référence de la charge d'un condensateur.

6. Conventions concernant le flux magnétique

6.1 Sens de référence du flux magnétique

Le sens de référence du flux magnétique dans un circuit magnétique est un sens fixé arbitrairement le long du circuit. Un flux magnétique est positif quand son sens correspond au sens de référence.

Remarque. — On peut utiliser « sens positif » à la place de « sens de référence ».

6.2 Indication du sens de référence d'un flux magnétique

Pour indiquer dans un schéma le sens de référence d'un flux magnétique dans un circuit magnétique, on place une flèche dont le sens correspond au sens de référence le long du circuit.

Exemple :

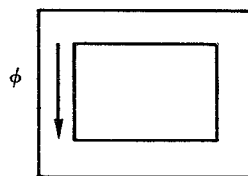


FIG. 12. — Indication du sens de référence d'un flux magnétique dans un circuit magnétique.

Pour indiquer dans un schéma le sens de référence d'un flux magnétique dans un circuit magnétique embrassé par un circuit électrique, on place, sur la ligne ou à côté de la ligne qui représente le conducteur du circuit électrique, une flèche indiquant le sens du courant qui engendrerait un flux positif.

5.2 Indication of the reference polarity of the charge of a capacitor

To indicate in a diagram the reference polarity of the charge of a capacitor, reference signs $+$ and $-$ are placed beside the two electrodes, the $+$ sign corresponding to the positive charge. If there is no risk of confusion, the $-$ sign can be omitted.

Examples :



FIG. 11. — Indication of the reference polarity of the charge of a capacitor.

6. Conventions concerning magnetic flux

6.1 Reference direction of a magnetic flux

The reference direction of the magnetic flux in a magnetic circuit is a direction fixed arbitrarily around the circuit. A magnetic flux is considered as positive when its direction corresponds to the reference direction.

Remark. — “Positive direction” can be used instead of “reference direction”.

6.2 Indication of the reference direction of a magnetic flux

To indicate in a diagram the reference direction of the magnetic flux in a magnetic circuit, an arrow having a corresponding direction is placed along the circuit.

Example :

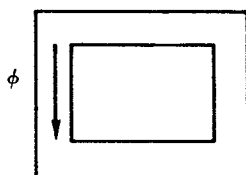


FIG. 12. — Indication of the reference direction of the magnetic flux in a magnetic circuit.

To indicate in a diagram the reference direction of the magnetic flux in a magnetic circuit linked by an electric circuit, an arrow indicating the direction of the current that produces positive flux is placed on or beside the line representing the conductor of the electric circuit.

Exemple :

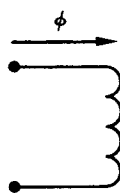


FIG. 13. — Indication du sens de référence d'un flux magnétique dans un circuit magnétique embrassé par un circuit électrique.

Remarque. — Dans le cas de circuits magnétiques à plusieurs branches, les règles relatives à l'indication du sens de référence des courants électriques (article 2) peuvent être utilisées également pour les flux magnétiques.

7. Convention concernant l'inductance mutuelle

L'inductance mutuelle de deux circuits électriques couplés magnétiquement, pour chacun desquels les sens de référence du courant électrique et du flux magnétique associé sont fixés de manière telle qu'un courant positif engendre un flux positif, est positive si un accroissement de courant dans un des circuits produit un accroissement du flux associé à l'autre circuit.

Exemple :



FIG. 14. — Induction mutuelle de deux circuits électriques couplés magnétiquement.

8. Indication de la correspondance entre les polarités des tensions de circuits électriques couplés

8.1 Indication de la correspondance entre les polarités des tensions de plusieurs enroulements placés sur une même branche d'un circuit magnétique

Pour indiquer dans un schéma la correspondance entre les polarités instantanées des tensions de plusieurs enroulements placés sur une même branche d'un circuit magnétique, un point est mis près d'une extrémité d'un enroulement et pour chacun des autres enroulements un point est mis près de l'extrémité qui, lors de la variation du flux magnétique commun, présente la même polarité instantanée que l'extrémité choisie à l'origine.

Exemples :

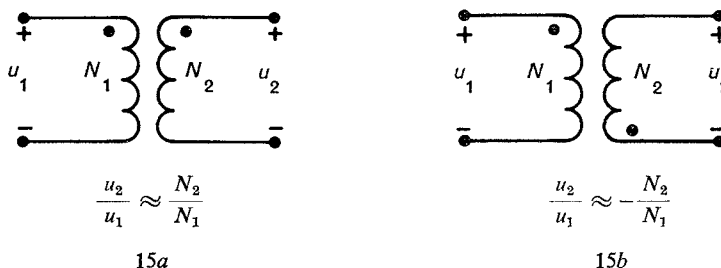


FIG. 15. — Indication de la correspondance entre les polarités des tensions de deux enroulements couplés magnétiquement. Les équations ne sont valables que dans le cas de faibles fuites et de pertes négligeables.

Example :

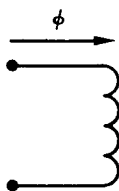


FIG. 13. — Indication of the reference direction of the magnetic flux in a magnetic circuit linked by an electric circuit.

Remark. — In the case of multi-branched magnetic circuits, the rules for the indication of the reference directions of electric currents (Clause 2) can also be used for magnetic fluxes.

7. Convention concerning mutual inductance

The mutual inductance of two magnetically coupled electric circuits, for each of which the reference directions of the electric current and of the associated magnetic flux are so fixed that positive current produces positive flux, is considered as positive if an increase of current in one circuit produces an increase of the flux associated with the other circuit.

Example :



FIG. 14. — Mutual inductance of two magnetically coupled electric circuits.

8. Indication of the correspondence between the voltage polarities of coupled electric circuits

8.1 Indication of the correspondence between the voltage polarities of several windings on the same branch of a magnetic circuit

To indicate in a diagram the correspondence between the instantaneous polarities of the voltages of several windings placed on the same branch of a magnetic circuit, a dot is put near one end of one of the windings; and for each of the other windings a dot is put near that end which, during a change of the common magnetic flux, presents the same instantaneous polarity as that of the end originally selected.

Examples :

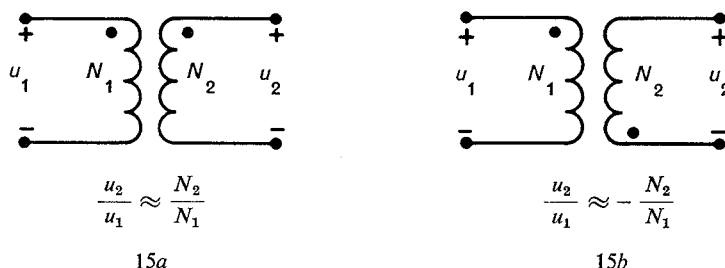


FIG. 15. — Indication of the correspondence between the voltage polarities of two magnetically coupled windings. The equations are valid only for the case of small leakage and negligible loss.

8.2 Indication de la correspondance entre les polarités des tensions aux accès d'un gyrateur

Pour indiquer dans un schéma la correspondance entre les polarités instantanées des tensions aux accès d'un gyrateur, on choisit une borne d'un accès et on trace une flèche de cette borne à la borne de l'autre accès qui aura la même polarité instantanée, si la puissance instantanée traversant le gyrateur a le sens du premier au second accès. On peut remplacer la flèche par une croix qui représente la queue et un point qui représente la pointe de la flèche.

Exemples :

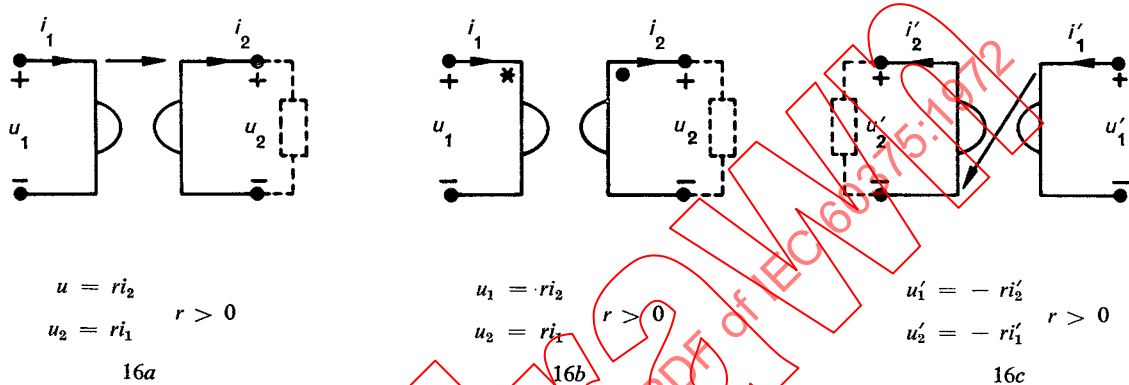


FIG. 16. — Indications équivalentes pour un même gyrateur de la correspondance entre les polarités des tensions aux accès (la puissance traversant le gyrateur va vers la résistance).

Note. — La CEI n'a pas fixé de symbole graphique bifilaire pour le gyrateur.

9. Conventions concernant la puissance

9.1 Sens d'une puissance

Le sens d'une puissance est celui de la transmission de l'énergie correspondante.

9.2 Sens de référence de la puissance

Le sens de référence de la puissance qui sort d'une région délimitée ou qui y rentre, ou qui intéresse une ligne, est pour chacun de ces cas un sens fixé arbitrairement. Une puissance est positive quand son sens correspond au sens de référence.

Remarque. — On peut utiliser « sens positif » à la place de « sens de référence ».

8.2 Indication of the correspondence between voltage polarities at the ports of a gyrator

To indicate in a diagram the correspondence between the instantaneous polarities of the voltages at the ports of a gyrator, one terminal of one port is chosen and an arrow is drawn from this terminal to that terminal of the other port which has the same instantaneous polarity, if the instantaneous power through the gyrator has the direction from the first port to the second. The arrow may be replaced by a cross to represent its tail, and a dot to represent its head.

Examples :

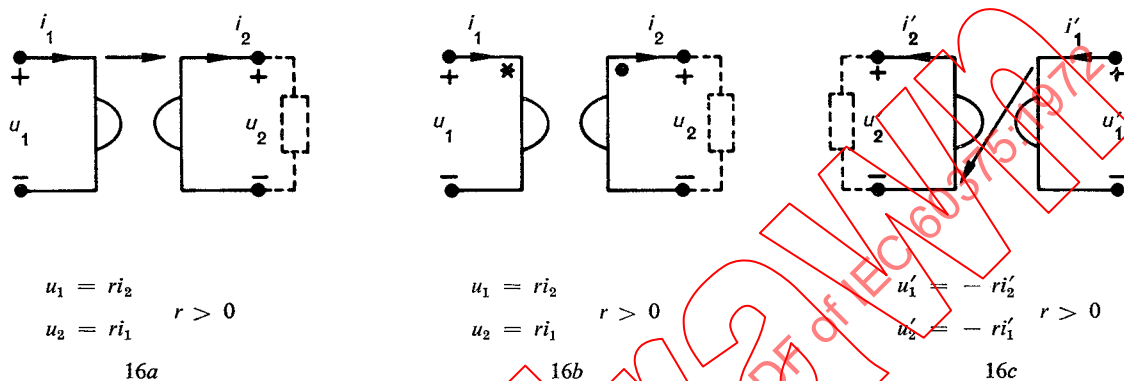


FIG. 16. — Equivalent indications for the same gyrator of the correspondence between the voltage polarities at the ports. (The direction of the power through the gyrator is towards the resistance.)

Note. — The I E C has not decided on a double-line graphical symbol for a gyrator.

9. Conventions concerning power

9.1 Direction of a power

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

9.2 Reference direction of a 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 direction corresponds to the reference direction.

Remark. — “Positive direction” can be used instead of “reference direction”.

9.3 Indication du sens de référence d'une puissance

Le sens de référence d'une puissance est indiqué dans un schéma par une flèche dont le sens correspond au sens de référence. Dans le cas d'une région, la flèche est appliquée à la région, celle-ci pouvant être délimitée par un contour en ligne pointillée. Dans le cas d'une ligne, la flèche est affectée à l'ensemble des conducteurs de la ligne.

Exemples :

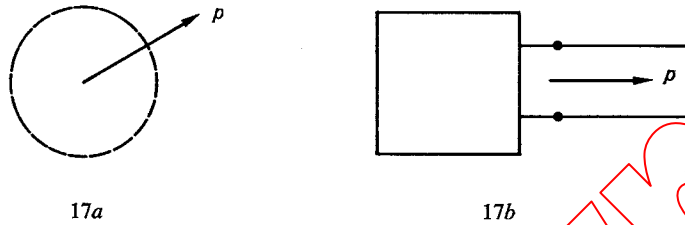


FIG. 17. — Indication du sens de référence d'une puissance.

9.3 Indication of the reference direction of a power

The reference direction of a 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. In the case of a transmission line, the arrow is placed with the group of line conductors.

Examples :

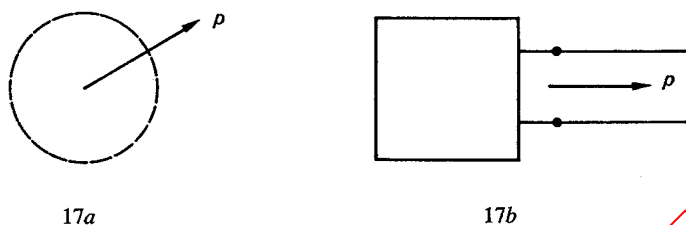


FIG. 17. — Indication of the reference direction of a power.

CHAPITRE II: CONVENTIONS CONCERNANT LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES EN RÉGIME SINUSOÏDAL

Remarque 1. — Dans ce chapitre, on utilise comme variable indépendante le temps t , mais celle-ci peut être une autre grandeur.

2. — On a exprimé les grandeurs sinusoïdales seulement au moyen de cosinus, mais il n'est pas déconseillé d'employer le sinus, avec les modifications évidentes qui en dérivent.

Note. — Le trait placé sous les symboles littéraux signifie qu'il s'agit de grandeurs complexes (Publication 27-1 de la C E I, cinquième édition, article 5).

10. Convention concernant la représentation complexe des grandeurs sinusoïdales

La grandeur sinusoïdale

$$a = \hat{a} \cos(\omega t + \alpha) = A \sqrt{2} \cos(\omega t + \alpha),$$

avec $\hat{a}$ et ω positifs, peut être représentée:

a) Quand on n'a pas intérêt à mettre en évidence la dépendance du temps, par:

1) l'amplitude complexe $\underline{\hat{a}} = \hat{a} e^{j\alpha}$;

2) la valeur efficace complexe $\underline{A} = A e^{j\alpha}$.

b) Quand on a intérêt à mettre en évidence la dépendance du temps, par:

3) la valeur instantanée complexe $\underline{a} = \hat{a} e^{j(\omega t + \alpha)}$.

Remarque. — On utilisera de préférence les grandeurs complexes 1) ou 2) lorsqu'il s'agit de grandeurs sinusoïdales ayant toutes la même période, et la grandeur complexe 3) lorsqu'il s'agit de grandeurs sinusoïdales ayant des périodes différentes.

Note. — On peut passer des grandeurs complexes aux grandeurs sinusoïdales au moyen des relations:

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

11. Convention concernant la représentation complexe des opérateurs

L'opérateur qui transforme la grandeur sinusoïdale

$$a = \hat{a} \cos(\omega t + \alpha) = A \sqrt{2} \cos(\omega t + \alpha)$$

en la grandeur sinusoïdale de même période

$$b = \hat{b} \cos(\omega t + \beta) = B \sqrt{2} \cos(\omega t + \beta),$$

avec $\hat{a}$, $\hat{b}$ et ω positifs, peut être représenté par la grandeur complexe:

$$\underline{C} = \frac{\hat{b}}{\hat{a}} e^{j(\beta - \alpha)} = \frac{B}{A} e^{j(\beta - \alpha)}.$$

CHAPTER II: CONVENTIONS CONCERNING ELECTRIC AND MAGNETIC CIRCUITS UNDER SINUSOIDAL CONDITIONS

Remark 1. — In this Chapter, time t is used as the independent variable, but this could be some other quantity.

2. — Sinusoidal quantities are expressed in the form of cosines, but the use of sines, with obvious consequent modifications, is not debarred.

Note. — The underlining of letter symbols signifies that they are to be taken as complex quantities (I E C Publication 27-1, fifth edition, Clause 5).

math display="block">a = \hat{a} \cos(\omega t + \alpha) = A \sqrt{2} \cos(\omega t + \alpha),

with $\hat{a}$ and ω positive, can be represented:

a) When an indication of time-dependence is not required, by:

- 1) the complex amplitude $\underline{\hat{a}} = \hat{a} e^{j\alpha}$;
- 2) the complex root-mean-square value $\underline{A} = A e^{j\alpha}$.

b) When an indication of time-dependence is required, by:

- 3) the complex instantaneous value $\underline{a} = \hat{a} e^{j(\omega t + \alpha)}$.

Remark. — Complex quantities 1) and 2) are preferred when dealing with sinusoidal quantities all of the same period, and complex quantity 3) when dealing with sinusoidal quantities having different periods.

Note. — Sinusoidal quantities can be derived from complex quantities by means of the relations:

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

11. Convention concerning the complex representation of operators

The operator that transforms the sinusoidal quantity

$$a = \hat{a} \cos(\omega t + \alpha) = A \sqrt{2} \cos(\omega t + \alpha)$$

into the sinusoidal quantity of the same period

$$b = \hat{b} \cos(\omega t + \beta) = B \sqrt{2} \cos(\omega t + \beta),$$

with $\hat{a}$, $\hat{b}$ and ω positive, can be represented by the complex quantity:

$$\underline{C} = \frac{\hat{b}}{\hat{a}} e^{j(\beta - \alpha)} = \frac{B}{A} e^{j(\beta - \alpha)}.$$

Note. — Les relations:

$$\underline{C} = \frac{\underline{\hat{b}}}{\underline{\hat{a}}} = \frac{\underline{B}}{\underline{A}} = \frac{\underline{b}}{\underline{a}}$$

lient la représentation complexe de l'opérateur à la représentation complexe des grandeurs sinusoïdales.

12. Convention concernant la représentation géométrique des grandeurs complexes

Les grandeurs complexes telles que:

$$\underline{X} = X e^{j\varphi} \quad \text{ou} \quad \underline{x} = \hat{x} e^{j(\omega t + \varphi)},$$

avec X , $\hat{x}$ et ω positifs, doivent être représentées dans le plan complexe par un « vecteur » fixe pour $\underline{X}$ et par un « vecteur » tournant pour $\underline{x}$. Le sens positif des angles est le sens antihoraire. Les angles différant entre eux de multiples entiers de 2π rad sont équivalents.

Note 1. — En conséquence, le semi-axe imaginaire positif est placé à $\frac{1}{2}\pi$ rad dans le sens antihoraire par rapport au semi-axe réel positif.

2. — Le terme « vecteur » a été choisi en l'absence d'une dénomination normalisée.

Exemples :

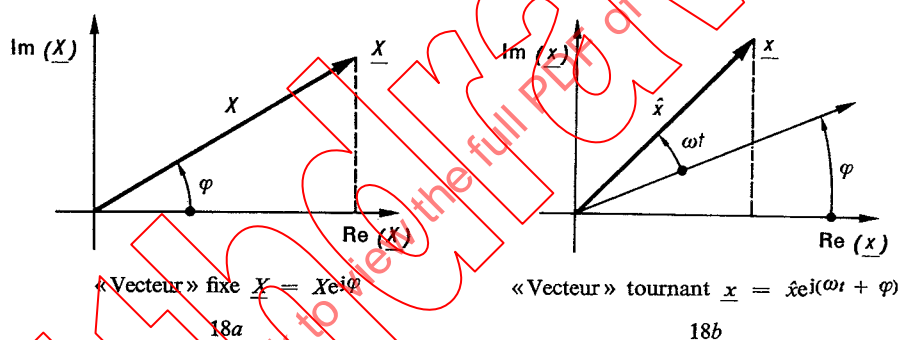


FIG. 18. — Représentation géométrique des grandeurs complexes.

13. Convention concernant la différence de phase

La différence de phase φ_{ab} de la grandeur sinusoïdale

$$a = \hat{a} \cos(\omega t + \alpha)$$

par rapport à la grandeur sinusoïdale de même période

$$b = \hat{b} \cos(\omega t + \beta),$$

avec $\hat{a}$, $\hat{b}$ et ω positifs, s'exprime par l'équation

$$\varphi_{ab} = \alpha - \beta.$$

La différence de phase φ_{ab} représente une avance (de phase) de a sur b et un retard (de phase) de b sur a .

Remarque. — On préfère utiliser la désignation « avance [retard] (de phase) de a sur b » seulement lorsque la différence de phase φ_{ab} , ramenée entre $-\pi$ rad et $+\pi$ rad après soustraction ou addition éventuelle de multiples entiers de 2π rad, est positive [négative].

Note. — The relations:

$$\underline{C} = \frac{\hat{b}}{\hat{a}} = \frac{B}{A} = \frac{b}{a}$$

link the complex representation of the operator to the complex representation of the sinusoidal quantities.

12. Convention concerning the geometric representation of complex quantities

Complex quantities such as:

$$\underline{X} = X e^{j\varphi} \quad \text{or} \quad \underline{x} = \hat{x} e^{j(\omega t + \varphi)},$$

with X , $\hat{x}$ and ω positive, must be represented in the complex plane by a fixed “vector” for $\underline{X}$ and by a rotating “vector” for $\underline{x}$. The positive direction for angles is counterclockwise. Angles differing between themselves by integral multiples of 2π rad are equivalent.

Note 1. — As a consequence, the positive imaginary semi-axis is located at $\frac{1}{2}\pi$ rad in the counterclockwise direction with respect to the positive real semi-axis.

2. — The term “vector” has been chosen in default of a standard nomenclature.

Examples :

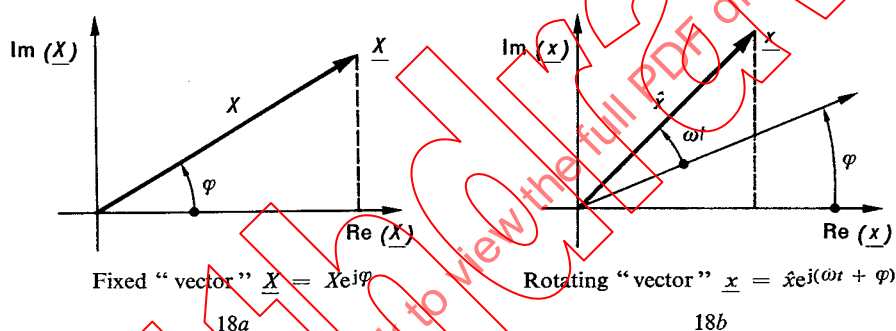


FIG. 18. — Geometric representation of complex quantities.

13. Convention concerning phase difference

The phase difference φ_{ab} of the sinusoidal quantity

$$a = \hat{a} \cos(\omega t + \alpha)$$

with respect to the sinusoidal quantity of the same period

$$b = \hat{b} \cos(\omega t + \beta),$$

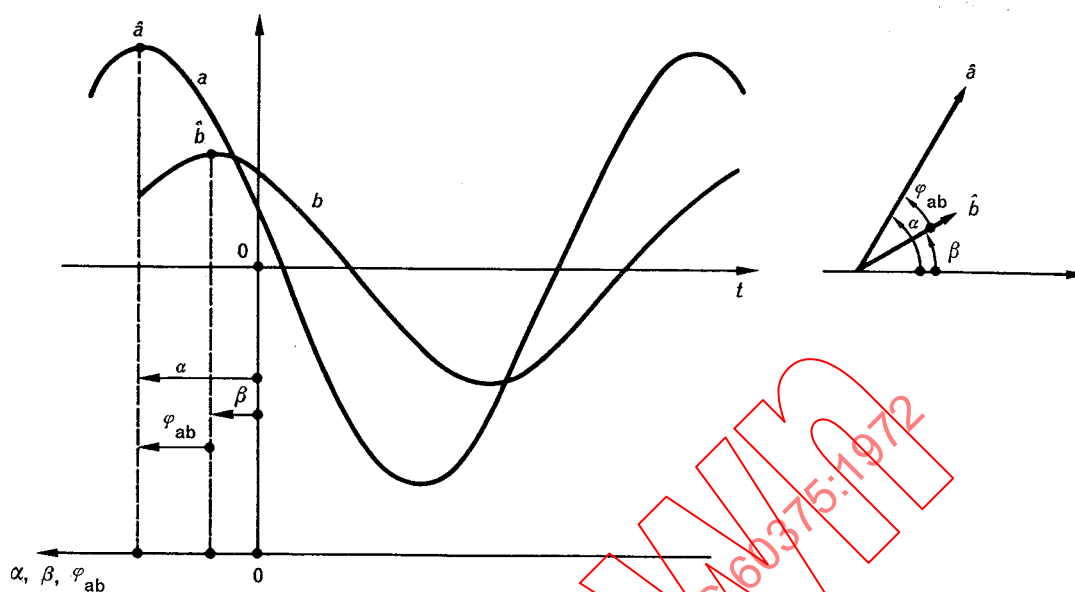
with $\hat{a}$, $\hat{b}$ and ω positive, is expressed by the equation

$$\varphi_{ab} = \alpha - \beta.$$

The phase difference φ_{ab} represents the (phase) lead of a on b and the (phase) lag of b on a .

Remark. — It is preferred to use the designation “(phase) lead [lag] of a on b ” only when the phase difference φ_{ab} , reduced to a value between $-\pi$ rad and $+\pi$ rad after the contingent subtraction or addition of an integral multiple of 2π rad, is positive [negative].

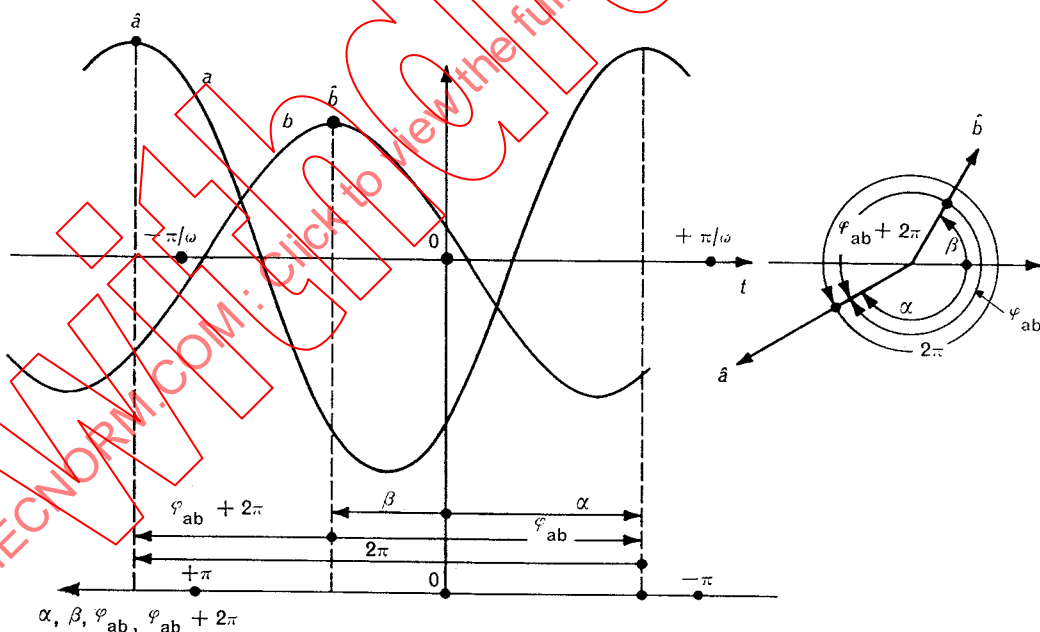
Exemples :



19a.1

19a.2

La grandeur a est en avance de phase φ_{ab} sur la grandeur b .
Avec $\alpha = \frac{5}{12}\pi$ rad et $\beta = \frac{1}{6}\pi$ rad, on obtient: $\varphi_{ab} = \alpha - \beta = \frac{1}{4}\pi$ rad.



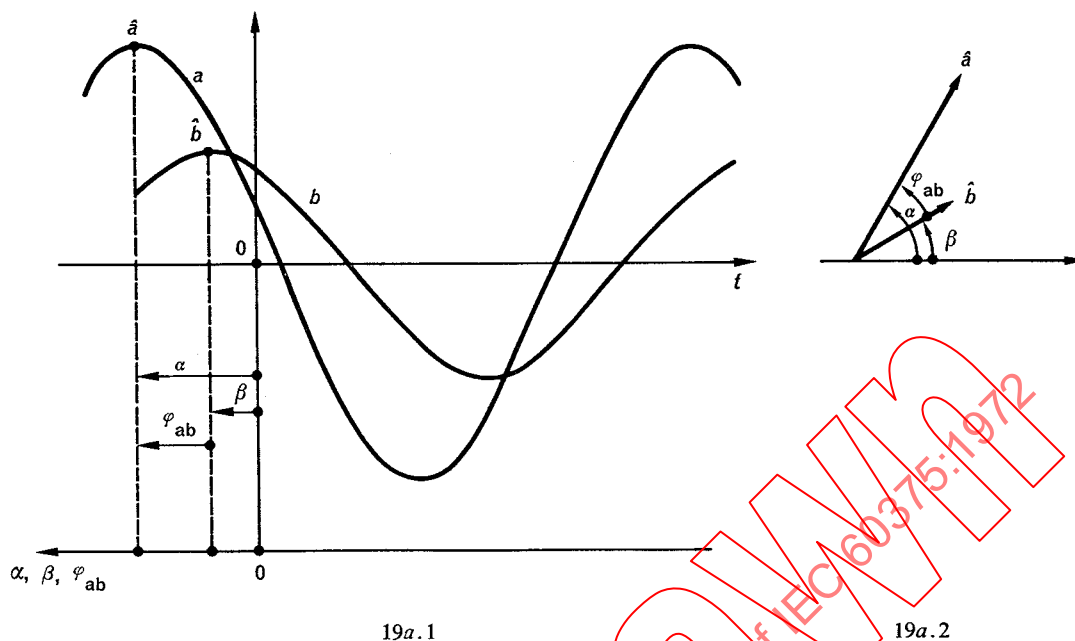
19b.1

19b.2

La grandeur a est en avance de phase φ_{ab} sur la grandeur b .
Avec $\alpha = -\frac{4}{5}\pi$ rad et $\beta = \frac{2}{5}\pi$ rad, on obtient: $\varphi_{ab} = \alpha - \beta = -\frac{6}{5}\pi$ rad. Elle est donc négative et, en valeur absolue, plus grande que π rad. Avec $\varphi_{ab} + 2\pi$ rad = $\frac{4}{5}\pi$ rad, on préfère dire: la grandeur a est en avance de phase sur la grandeur b de $\frac{4}{5}\pi$ rad.

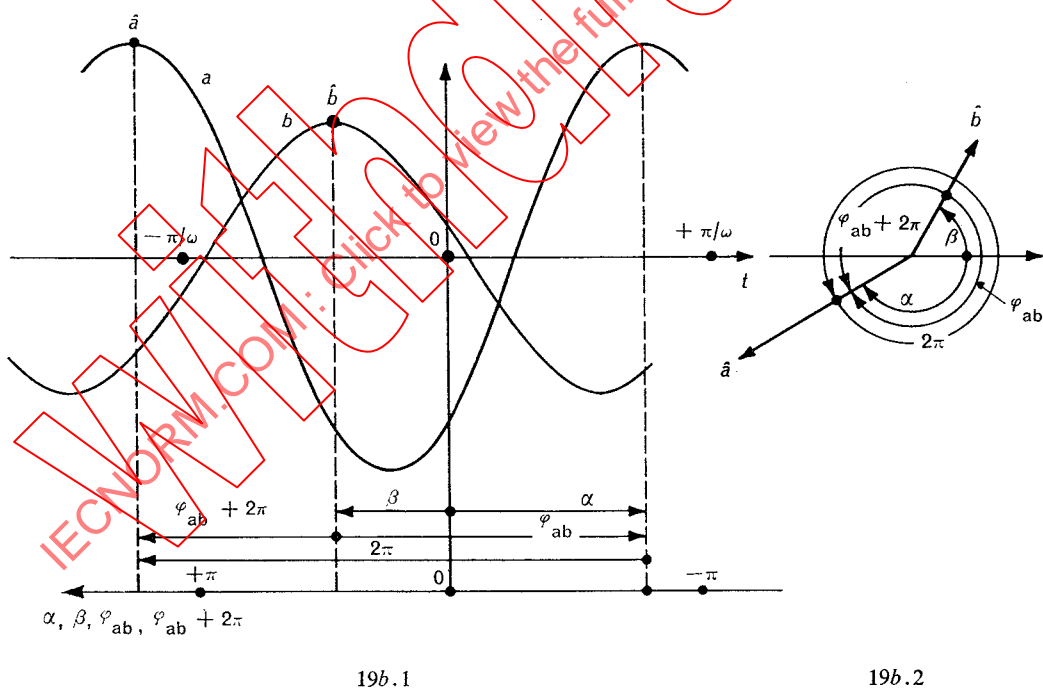
FIG. 19. — Deux grandeurs sinusoïdales de phases différentes. Le sens positif des angles est l'opposé du sens positif de t .

Examples:



Quantity a leads quantity b by φ_{ab} .

With $\alpha = \frac{5}{12}\pi$ rad and $\beta = \frac{1}{6}\pi$ rad, then $\varphi_{ab} = \alpha - \beta = \frac{1}{4}\pi$ rad.



Quantity a leads quantity b by φ_{ab} .

With $\alpha = -\frac{4}{5}\pi$ rad and $\beta = \frac{2}{5}\pi$ rad, then $\varphi_{ab} = \alpha - \beta = -\frac{6}{5}\pi$ rad. It is thus negative, and greater than π rad in absolute value. With $\varphi_{ab} + 2\pi$ rad = $\frac{4}{5}\pi$ rad, it is preferred to say: quantity a leads quantity b by $\frac{4}{5}\pi$ rad.

FIG. 19. — Two sinusoidal quantities having a phase difference. The positive direction of angles is opposite to the positive direction of t .

14. Conventions concernant les puissances

14.1 Sens de référence des puissances (instantanée, active et réactive)

Dans les circuits en régime sinusoïdal, le sens de référence de la puissance est fixé de manière telle que la puissance instantanée est égale au produit de la tension instantanée par le courant instantané. Ce sens est également le sens de référence des puissances active et réactive.

Exemples :

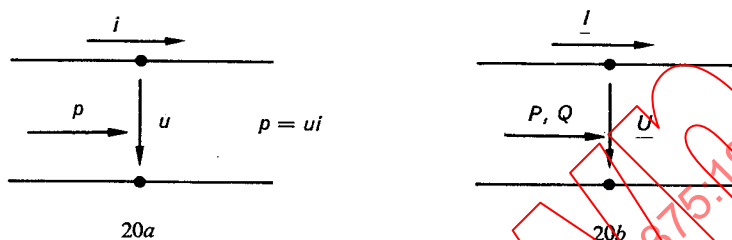


FIG. 20. — Sens de référence des puissances en régime sinusoïdal.

Notes 1. — Cette convention conduit à l'expression suivante de la puissance active :

$$P = \operatorname{Re}(\underline{U} \underline{I}^*) = \operatorname{Re}(\underline{U}^* \underline{I}) = UI \cos \varphi,$$

dans laquelle φ représente la différence de phase de u par rapport à i .

2. — D'après cette convention, une valeur positive de P indique que le sens de la puissance active correspond au sens de référence des puissances.

14.2 Signe de la puissance réactive

Le signe positif est affecté à la puissance réactive absorbée par une bobine de réactance.

Note. — Cette convention conduit à l'expression suivante de la puissance réactive :

$$Q = \operatorname{Im}(\underline{U} \underline{I}^*) = -\operatorname{Im}(\underline{U}^* \underline{I}) = UI \sin \varphi,$$

dans laquelle φ représente la différence de phase de u par rapport à i .

14.3 Sens de la puissance réactive

La puissance réactive a un sens qui résulte de la convention qu'un condensateur en produit et qu'une bobine de réactance en absorbe.

Note. — D'après cette convention une valeur positive de Q indique que le sens de la puissance réactive correspond au sens de référence des puissances.

14. Conventions concerning power

14.1 Reference direction of power (instantaneous, active and reactive)

In circuits under sinusoidal conditions, the reference direction of power is so fixed that the instantaneous power is equal to the product of the instantaneous voltage and the instantaneous current. This direction is also the reference direction of active and reactive power.

Examples:

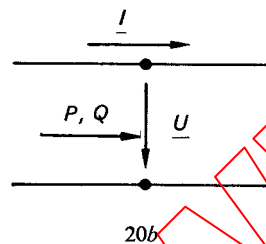
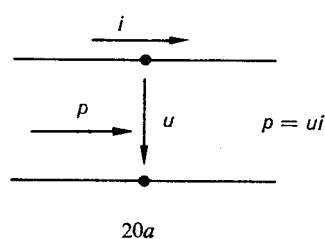


FIG. 20. — Reference direction of power under sinusoidal conditions.

Notes 1. — This convention leads to the following expression for active power:

$$P = \operatorname{Re}(\underline{U} \underline{I}^*) = \operatorname{Re}(\underline{U}^* \underline{I}) = UI \cos \varphi,$$

in which φ represents the phase difference of u with respect to i .

2. — According to this convention a positive value of P indicates that the direction of the active power corresponds to the reference direction of power.

14.2 Sign of reactive power

The positive sign is given to the reactive power absorbed by an inductor.

Note. — This convention leads to the following expression for reactive power:

$$Q = \operatorname{Im}(\underline{U} \underline{I}^*) = -\operatorname{Im}(\underline{U}^* \underline{I}) = UI \sin \varphi,$$

in which φ represents the phase difference of u with respect to i .

14.3 Direction of reactive power

Reactive power is considered to have a direction which results from the convention that a capacitor produces it and an inductor absorbs it.

Note. — According to this convention a positive value of Q indicates that the direction of the reactive power corresponds to the reference direction of power.

14.4 Puissance complexe, puissance apparente complexe

L'expression

$$\underline{S} = P + jQ = \underline{U} \underline{I}^*$$

est appelée puissance complexe (ou puissance apparente complexe).

Remarque. — La représentation géométrique de cette puissance doit être conforme à l'article 12.

Note. — Dans le cas où, en étudiant un fonctionnement sous une tension donnée, on prend la direction et le sens du « vecteur » représentant la tension selon le semi-axe positif de la puissance active, on peut utiliser

$$\underline{S}^* = P - jQ = \underline{U}^* \underline{I},$$

de manière que les « vecteurs » représentant le courant $\underline{I}$ et la puissance complexe conjuguée $\underline{S}^*$ aient la même direction et le même sens.

Exemples :

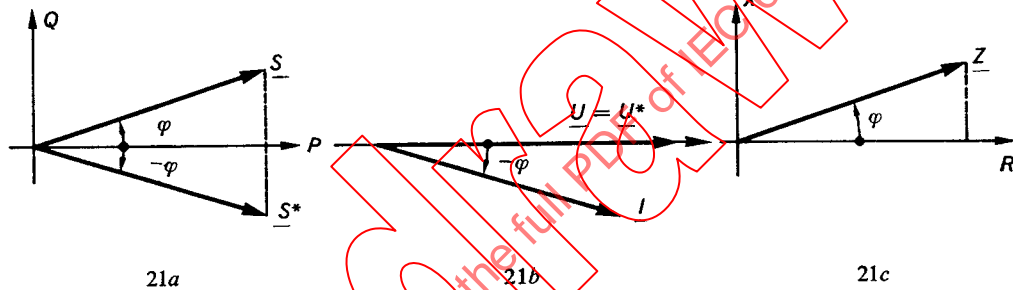


FIG. 21. — Grandeurs complexes (puissance, courant, tension, impédance) relatives à une impédance pour laquelle les sens de référence sont indiqués à la figure 22. L'angle φ est le même pour les trois figures.

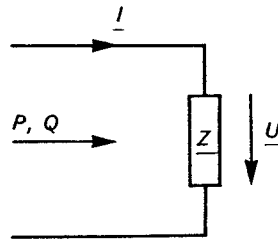


FIG. 22. — Sens de référence relatifs à une impédance (courant, tension, puissances active et réactive), auxquels correspondent les figures 21.

14.4 Complex power, complex apparent power

The expression

$$\underline{S} = P + jQ = \underline{U} \underline{I}^*$$

is called the complex power (or complex apparent power).

Remark. — The geometric representation of this power should conform to Clause 12.

Note. — In the case where, in dealing with operation at a given voltage, the direction of the voltage “vector” is taken as the positive semi-axis of the active power, the expression

$$\underline{S}^* = P - jQ = \underline{U}^* \underline{I},$$

can be used so that the “vectors” representing the current $\underline{I}$ and the complex conjugate power $\underline{S}^*$ have the same direction.

Examples:

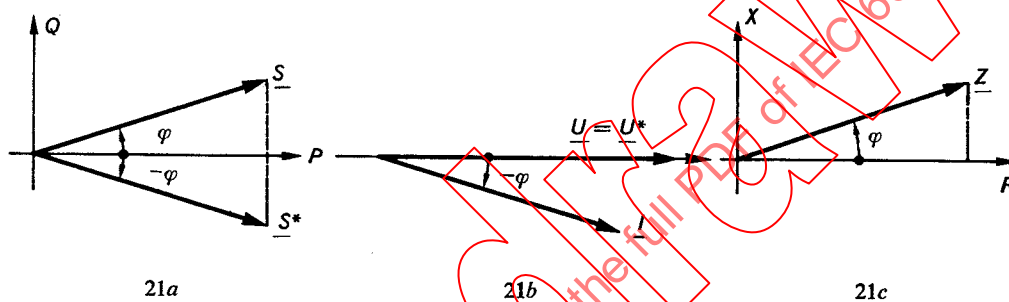


FIG. 21. — Complex quantities (power, current, voltage, impedance) relating to an impedance for which the reference directions are given in Figure 22. The angle φ is the same in all three figures.

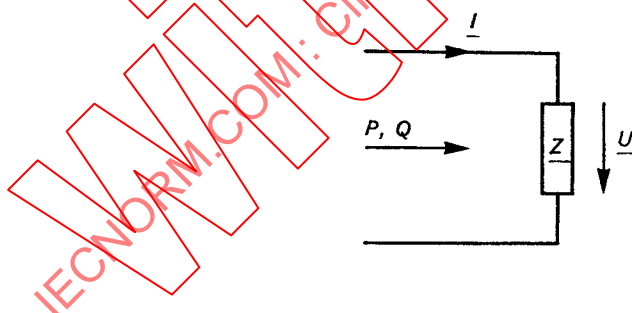


FIG. 22. — Reference directions (current, voltage, active and reactive power) for an impedance to, which Figure 21 corresponds.

COMMENTAIRES

Ces commentaires donnent au lecteur des conventions des explications sur leur domaine, leur structure et leur signification, sur les raisons de leur choix et sur leur emploi. Le texte des chapitres I et II contient les conventions propres, des remarques qui les complètent et des notes additionnelles.

COMMENTAIRES SUR LE CHAPITRE I: CONVENTIONS CONCERNANT LES SIGNES DES GRANDEURS DANS LES CIRCUITS ÉLECTRIQUES ET MAGNÉTIQUES EN GÉNÉRAL

Notion de circuit

Un circuit électrique peut être considéré comme une interconnexion entre des multipôles. Avec la notion de multipôle on n'envisage que les propriétés pouvant être observées de l'extérieur; on ne s'inquiète aucunement de ce qui se passe à l'intérieur. On admet que le champ électrique à l'extérieur des multipôles est irrotationnel, de façon qu'il existe des potentiels de nœud et que les équations de Kirchhoff pour les mailles puissent s'appliquer. Les seules grandeurs observables à l'extérieur des multipôles sont les courants passant les bornes et les différences de potentiel ou tensions entre paires de bornes. Un tel multipôle donne lieu à des relations, déterminables par des mesures, entre les courants et les tensions. Les conventions ne portent pas sur ces relations, quoique quelques-unes apparaissent dans les exemples.

Deux multipôles idéaux, chacun bipolaire, doivent être cités. Ce sont:

- a) *La source (idéale) de courant*, dont le courant est indépendant de la tension à ses bornes.
- b) *La source (idéale) de tension*, dont la tension aux bornes est indépendante du courant qui la traverse.

Sens ou polarité, signe

La deuxième phrase du paragraphe 2.1 parle du sens d'un courant et du signe d'un courant. Le mot « courant » dans ces deux expressions a des significations différentes. Le phénomène physique de « courant électrique » (terme 05-20-035 de la deuxième édition du Vocabulaire Electrotechnique International) dans un conducteur possède un sens. La grandeur physique « courant, intensité de courant » (terme 05-20-040 de la deuxième édition du Vocabulaire Electrotechnique International) est un scalaire et possède un signe. On peut faire des observations analogues sur la tension, la force électromotrice, la charge d'un condensateur, le flux magnétique et la puissance: les phénomènes possèdent un sens ou une polarité, les grandeurs possèdent un signe. On n'a pas jugé nécessaire d'exprimer explicitement la distinction entre phénomène et grandeur dans les conventions.

Sens de référence et polarité de référence

Les paragraphes des conventions qui traitent des sens de référence et des polarités de référence comportent deux énoncés, une définition et une convention. Au paragraphe 2.1 par exemple, le sens de référence d'un courant est tout d'abord défini et l'on énonce ensuite une convention concernant son signe. Les deux énoncés pourraient être combinés en utilisant l'expression « sens positif » au lieu de « sens de référence ». Mais une telle manière de faire ne démontrerait pas aussi clairement le fait que le paragraphe contient à la fois une définition et une convention. Pour le courant, qui bénéficie d'un accord universel quant à l'indication de la convention de signe, cela serait sans importance, mais dans d'autres cas, pour lesquels un tel accord n'existe pas, la distinction entre définition et convention accroît la clarté. Dans un but de cohérence, le double énoncé est utilisé pour le courant aussi bien que pour les autres grandeurs.

COMMENTARY

To a reader of the Conventions, this Commentary gives an explanation of their scope, structure and meaning, of why they were chosen and how they should be used. The text of Chapters I and II contains the conventions themselves, together with complementary remarks and additional notes.

COMMENTARY ON CHAPTER I: CONVENTIONS CONCERNING THE SIGNS OF QUANTITIES IN ELECTRIC AND MAGNETIC CIRCUITS IN GENERAL

Circuit concept

An electric circuit can be considered as an interconnection of “black boxes”. With the “black box” concept only those properties are considered that can be observed from the outside; no account is taken of what goes on inside. The electric field external to “black boxes” is considered to be irrotational, so that node potentials exist and Kirchhoff’s loop equations can be applied. The only quantities that can be observed external to a “black box” are the currents at the terminals and the potential differences or voltages between terminal pairs. Such a “black box” yields relations, determinable by measurement, between the currents and the voltages. The conventions are not concerned with these relations, although some of them appear in the examples.

Two ideal two-terminal “black boxes” must be cited. They are:

- a) (*Ideal*) *current source*, in which the current is independent of the terminal voltage.
- b) (*Ideal*) *voltage source*, in which the terminal voltage is independent of the current.

Direction or polarity, and sign

The second sentence of Sub-clause 2.1 speaks of the direction of a current and the sign of a current. The word “current” in these two expressions has different meanings. The physical phenomenon of “electric current” (term 05-20-035 of the second edition of the International Electrotechnical Vocabulary) in a conductor has a direction. The physical quantity “current” (term 05-20-040 of the second edition of the International Electrotechnical Vocabulary) is a scalar and has a sign. Analogous observations can be made about voltage (tension), electromotive force, charge of a capacitor, magnetic flux, and power: the phenomena have direction or polarity, the quantities have sign. It has been deemed unnecessary in the conventions to make explicit the distinction between phenomena and quantities.

Reference direction and reference polarity

Those sub-clauses of the Conventions which deal with reference directions and reference polarities contain two statements: a definition and a convention. In Sub-clause 2.1, for example, the reference direction of a current is first defined, and then follows a convention concerning its sign. The two statements could be combined by using the expression “positive direction” instead of “reference direction”. But such a method would not demonstrate clearly the fact that the sub-clause contains both a definition and a convention. For current, which enjoys universal agreement as to the indication of its sign convention, this is unimportant; but in other cases, for which such agreement is lacking, the distinction between definition and convention makes for clarity. For the sake of uniformity, however, the double statement is made for current as well as for the other quantities.

Article 2 : Conventions concernant le courant électrique

Les symboles avec double indice pour les courants dans des branches en parallèle doivent s'utiliser d'une façon telle que toute ambiguïté soit évitée, comme le montre la figure 23.

Exemple :

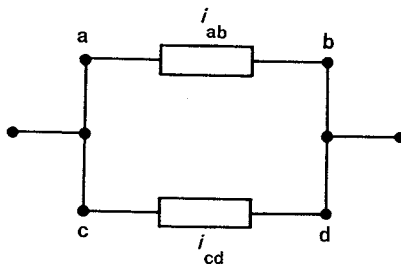


FIG. 23. — Indication du sens de référence du courant par un double indice dans le cas de deux branches en parallèle.

En général, il n'est pas nécessaire d'écrire les symboles avec double indice dans le schéma d'un circuit: lorsque les nœuds sont repérés dans le schéma par des lettres ou des nombres, la signification d'un symbole avec double indice est parfaitement claire, ainsi que le montre l'exemple de la figure 24.

Exemple :

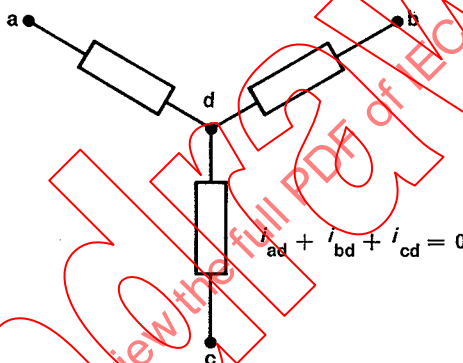


FIG. 24. — Indication du sens de référence du courant par un double indice dans le cas d'une étoile.

Article 3 : Conventions concernant la tension

Il est d'usage général de parler de la polarité d'une batterie. La polarité est désignée en spécifiant le pôle de la batterie qui a le potentiel le plus élevé. Ce pôle est marqué avec le signe + (plus) et l'autre avec le signe - (moins). Si l'on se borne à des champs électriques irrotationnels, ce qui est le cas des présentes conventions, il est possible d'étendre l'utilisation du mot « polarité » et des signes + et - à une branche quelconque d'un circuit et encore à une paire de nœuds quelconques, que ces nœuds forment les bornes d'une branche ou non. La polarité exprime toujours lequel est celui des deux points entre lesquels existe la tension qui a le potentiel le plus élevé; ce point est marqué +, l'autre est marqué -.

Ainsi qu'il est d'usage pour le courant dans un conducteur d'utiliser la flèche non seulement pour indiquer le sens d'un courant continu mais aussi pour indiquer le sens de référence d'un courant alternatif, il est possible pour la tension entre deux points d'utiliser les signes + et - non seulement pour indiquer la polarité d'une tension continue mais aussi pour indiquer la polarité de référence d'une tension alternative. S'il peut y avoir incertitude quant aux deux points auxquels se rapporte la tension, on relie parfois les points par une flèche à deux pointes tout en gardant les signes de référence + et -, comme le montre la figure 25.

Exemple :

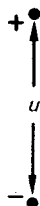


FIG. 25. — Indication des points auxquels se rapporte la tension par une flèche à deux pointes.

Clause 2 : Conventions concerning electric current

Symbols with double subscripts for the currents in parallel branches must be so used as to avoid ambiguity, as shown in Figure 23.

Example :

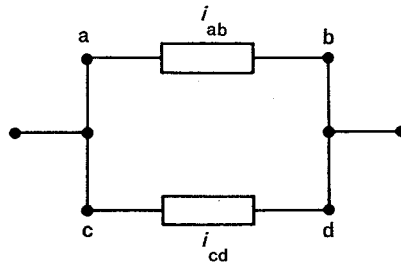


FIG. 23. — Indication of the reference direction of current by a double subscript for the case of two parallel branches.

In general it is unnecessary actually to write double-subscript symbols into a circuit diagram: when nodes are identified in the diagram by letters or numbers, the meaning of a symbol with a double subscript is quite clear, as is shown by the example in Figure 24.

Example :

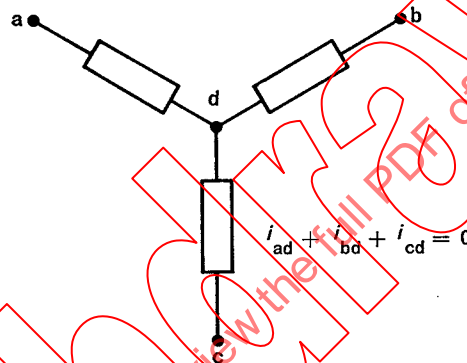


FIG. 24. — Indication of the reference direction of current by a double subscript for the case of a star connection.

Clause 3 : Conventions concerning voltage (tension)

It is common to speak of the polarity of a battery. The polarity is described by specifying which pole of the battery has the higher potential. This pole is marked with the sign + (plus), the other with the sign — (minus). If only irrotational electric fields are included, as is the case in the conventions here concerned, it is possible to extend the use of the word “polarity” and of the + and — signs to any branch of a circuit and indeed to any pair of nodes, whether they are branch terminals or not. The polarity always expresses which of two points having a potential difference is the one with the higher potential; this point is marked +, the other is marked —.

Just as for the current in a conductor it is common practice to use an arrow not only to indicate the direction of a direct current but also the reference direction of an alternating current, so is it possible in the case of the voltage between two points to use the + and — signs to indicate either the polarity of a direct voltage or the reference polarity of an alternating voltage. If there is any doubt as to the two points to which the voltage refers, the points may be joined by a double-headed arrow, the + and — reference signs being retained, as shown in Figure 25.

Example :

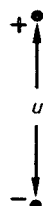


FIG. 25. — Indication of the points to which a voltage refers by a double-headed arrow.

On utilise aussi une flèche pour indiquer la convention de signe; on dit alors que la flèche indique le sens de référence. On considère une tension entre deux points comme positive quand le potentiel du point près de la queue de la flèche est plus élevé que le potentiel du point près de la pointe, ce qui se traduit par la formule:

$$u > 0 \text{ quand } v_{\text{queue}} > v_{\text{pointe}},$$

et qui conduit à:

$$u = v_{\text{queue}} - v_{\text{pointe}}.$$

On justifie cette convention par la correspondance du sens de référence de la tension avec le sens suivant lequel on prend l'intégrale de ligne du champ électrique.

Remarque. — Pour indiquer la convention de signe d'une tension, certains auteurs utilisent une flèche qui pointe dans le sens opposé à celui qui est recommandé. On aurait alors

$$u = v_{\text{pointe}} - v_{\text{queue}}.$$

Ces auteurs justifient cette méthode de l'association de la pointe de la flèche et de la polarité positive par l'uniformité qui en résulte aussi bien pour la tension que pour la force électromotrice, et aussi parce que le dessin d'une flèche dans le sens d'augmentation de potentiel se conforme à l'habitude normale de dessiner une flèche le long d'un axe de coordonnée dans le sens d'augmentation de la coordonnée.

Cette manière de tracer la flèche n'est pas recommandée en conséquence d'un vote au sein de la CEI.

La figure 26 donne un exemple (dual de celui de la figure 24, page 38) pour les symboles à double indice que l'on n'écrit pas sur le schéma du circuit.

Exemple:

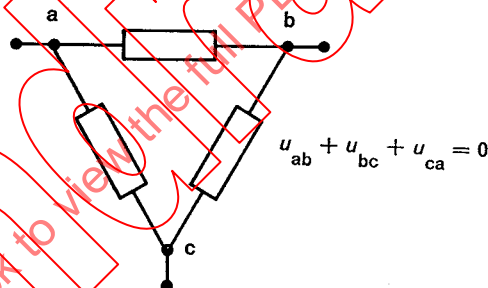
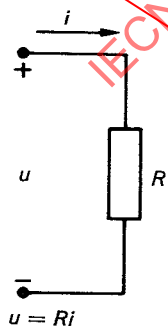


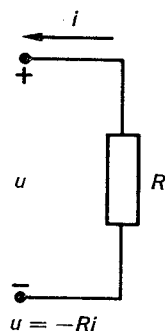
FIG. 26. — Indication de la convention de signe de la tension par un double indice dans le cas d'un triangle.

Des exemples d'association du sens de référence du courant et de la polarité de référence ou du sens de référence de la tension sur une branche sont donnés par les figures 27.

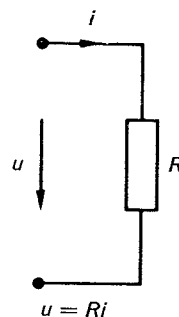
Exemples:



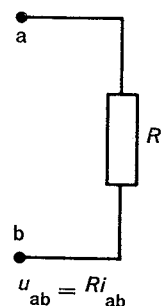
27a



27b



27c



27d

FIG. 27. — Association des indications de référence du courant et de la tension d'une résistance.

The sign convention can also be indicated by an arrow; the arrow is then said to indicate the reference direction. The voltage between two points is considered as positive when the potential of the point near the tail of the arrow is higher than that of the point near the head, which is expressed analytically as follows:

$$u > 0 \quad \text{when} \quad v_{\text{tail}} > v_{\text{head}},$$

which leads to

$$u = v_{\text{tail}} - v_{\text{head}}.$$

This convention is justified by the correspondence of the reference direction of the voltage with the direction in which the line-integral of the electric field intensity is taken.

Remark. — To indicate the sign convention of a voltage, some authors use an arrow directed in a sense opposite to that recommended. For this,

$$u = v_{\text{head}} - v_{\text{tail}}.$$

These authors justify the method of associating the arrow head with positive polarity for both voltage and electromotive force as being in the interests of uniformity, and also because drawing an arrow in the direction of an increase of potential conforms with the common practice of drawing an arrow along a coordinate axis in the direction of increase of the coordinate.

This method of drawing arrows is not recommended as a result of a vote within the IEC.

Figure 26 gives an example (the dual of that in Figure 24, page 39) for double-subscript symbols not written into the circuit diagram.

Example:

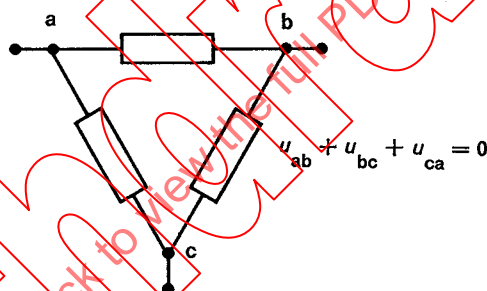


FIG. 26. — Indication of the sign convention of voltage by a double subscript for the case of a delta connection.

Examples of the association of the reference direction of current and the reference polarity or reference direction of voltage in a branch are given in Figure 27.

Examples:

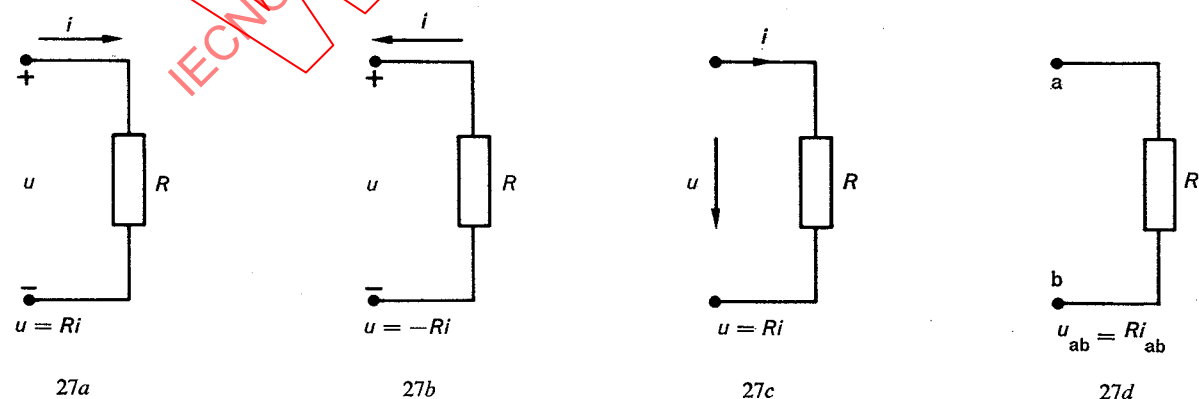


FIG. 27. — Association of the reference indications of current and voltage for a resistor.

Article 4 : Conventions concernant la force électromotrice

Les conventions maintiennent la notion de force électromotrice en dépit du fait que certaines écoles ne l'utilisent plus.

La relation entre la manière d'indiquer le sens de référence d'une force électromotrice par une flèche et d'indiquer la polarité de référence par les signes $+$ et $-$ est opposée à celle recommandée pour la tension. Si l'on se sert de potentiels et si une force électromotrice et une tension sont positives, la flèche de la force électromotrice pointe dans le sens dans lequel les potentiels augmentent, la flèche de la tension pointe dans le sens dans lequel les potentiels diminuent.

La relation entre la tension u et la force électromotrice e d'une source de tension est représentée par les exemples des figures 28.

Exemples :

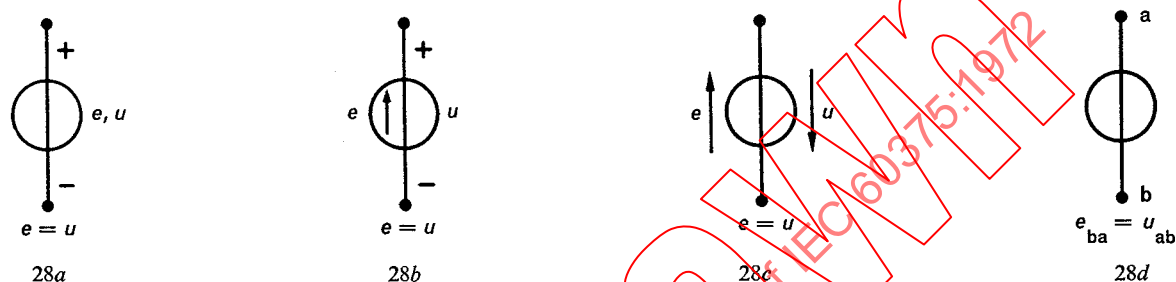


FIG. 28. — Relations des indications de référence de la force électromotrice et de la tension d'une source de tension.

Article 5 : Conventions concernant la charge d'un condensateur

Des exemples d'association pour un condensateur du sens de référence du courant, de la polarité de référence de la charge et de la polarité de référence ou du sens de référence de la tension sont donnés par les figures 29. Les polarités de référence seront de préférence les mêmes pour la charge et pour la tension, comme représenté dans les figures 29a et 29b.

Exemples :

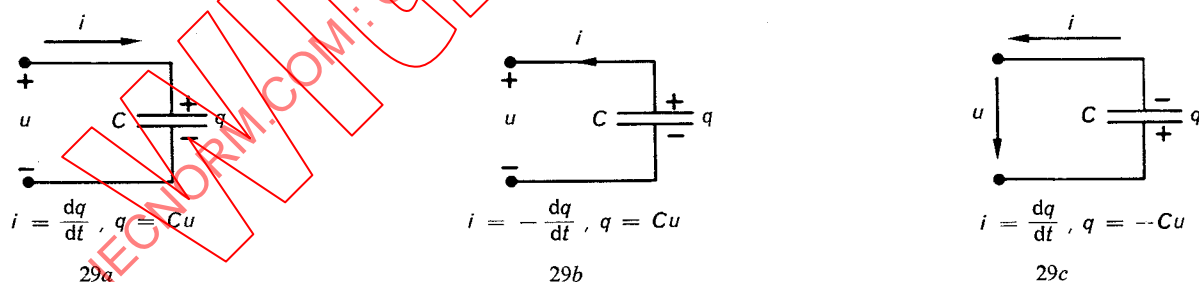


FIG. 29. — Association des indications de référence de la charge, du courant et de la tension d'un condensateur.

Article 6 : Conventions concernant le flux magnétique

Les figures 30, page 44, fournissent des exemples d'association pour une inductance sans pertes du sens de référence du flux magnétique, du sens de référence du courant et de la polarité de référence ou du sens de référence de la tension. Les sens de référence du courant et du flux se correspondent de préférence, comme c'est le cas pour le sens de rotation et le sens d'avance d'une vis avec filetage à droite, comme cela est représenté dans la figure 30a et, implicitement, dans les figures 30b et 30c.

Clause 4: Conventions concerning electromotive force

The Conventions retain the concept of electromotive force despite the fact that it is rejected by some schools of thought.

The relation between the method of indicating the reference direction of an electromotive force by an arrow and of indicating the reference polarity by $+$ and $-$ signs is the opposite of that recommended for voltage. Considering potentials, if an electromotive force and a voltage are both positive, the arrow for the electromotive force points in the direction of potential rise, while the arrow for the voltage points in the direction of potential fall.

The relation between the voltage u and the electromotive force e of a voltage source is shown by the examples in Figure 28.

Examples:

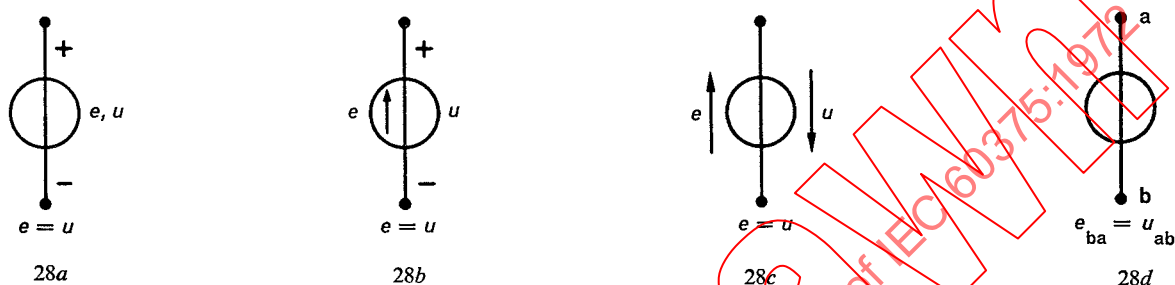


FIG. 28. — Relations between the reference indications of electromotive force and voltage of a voltage source.

Clause 5: Conventions concerning the charge of a capacitor

Examples of the association for a capacitor of the reference direction of current, the reference polarity of charge, and the reference polarity or reference direction of voltage are given in Figure 29. The reference polarities should preferably be the same for both charge and voltage, as shown in Figures 29a and 29b.

Examples:

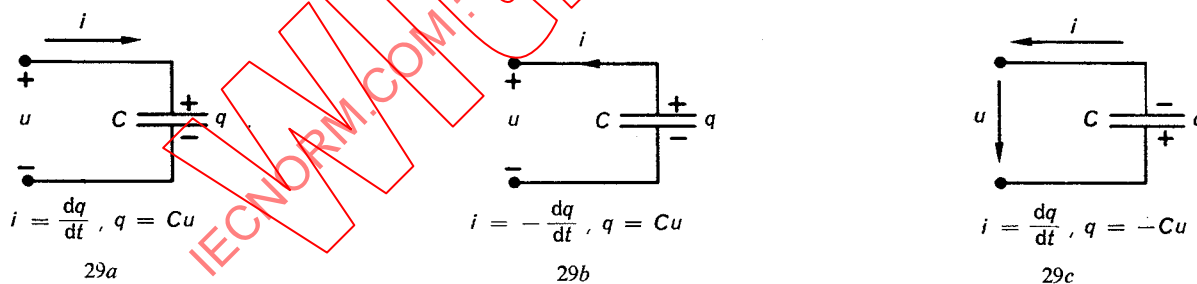


FIG. 29. — Association of the reference indications of charge, current and voltage for a capacitor.

Clause 6: Conventions concerning magnetic flux

Figure 30, page 45, gives examples of the association for a loss-free inductor of the reference direction of magnetic flux, the reference direction of current, and the reference polarity or reference direction of voltage. The reference directions of current and flux should preferably correspond as do the direction of rotation and the direction of advance of a right-handed screw, as is shown in Figure 30a and implied in Figures 30b and 30c.

Exemples :

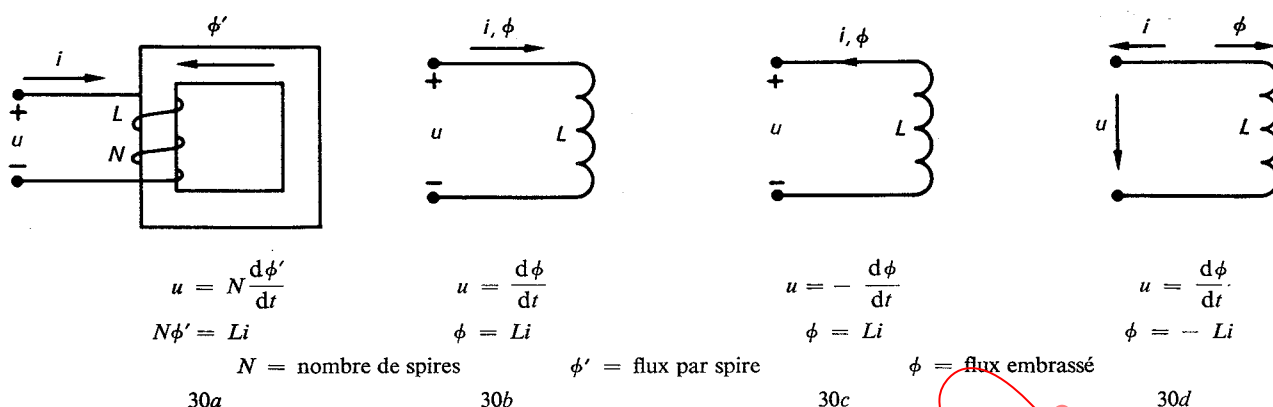


FIG. 30. — Association des indications de référence du flux magnétique, du courant et de la tension d'une inductance.

Article 7 : Convention concernant l'inductance mutuelle

La condition selon laquelle pour chacun des deux circuits électriques les sens de référence du courant électrique et du flux magnétique associé sont fixés de manière telle qu'un courant positif engendre un flux positif, revient à dire que l'énergie fournie aux deux circuits est donnée par l'expression :

$$dW = i_1 d\phi_1 + i_2 d\phi_2.$$

Le signe de l'inductance mutuelle reste indéterminé aussi longtemps que les sens de référence du courant et du flux n'ont pas été fixés pour les deux circuits. Si les sens de référence de i_1 et de ϕ_1 , ou ceux de i_2 et de ϕ_2 , sont inversés, le signe de l'inductance mutuelle le sera également.

On pourrait considérer M comme étant toujours positif et écrire les équations de circuit avec $-M$ lorsque $\partial\phi_1/\partial i_2$ est négatif, mais cette convention n'est pas choisie. La convention choisie présente l'avantage de conduire au même système d'équations quel que soit le signe de $\partial\phi_1/\partial i_2$, de sorte que ces équations ne seraient pas modifiées au cas où $\partial\phi_1/\partial i_2$ viendrait à varier de façon continue jusqu'à changer de signe, éventualité qui peut se produire dans un variomètre.

Un exemple des relations entre tensions et courants dans deux circuits électriques sans pertes couplés magnétiquement est illustré par la figure 31, page 46, et les équations associées. L'exemple montre que, pour déterminer le signe de l'inductance mutuelle, au lieu de fixer pour chaque circuit les sens de référence du courant et du flux magnétique associé, il est également possible de fixer pour chaque circuit le sens de référence du courant et la polarité de référence ou le sens de référence de la tension ; si on les fixe de manière telle que la puissance fournie aux circuits s'écrive :

$$p = i_1 u_1 + i_2 u_2,$$

les relations sont :

$$\begin{aligned} u_1 &= L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}, \\ u_2 &= M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}. \end{aligned}$$

Examples:

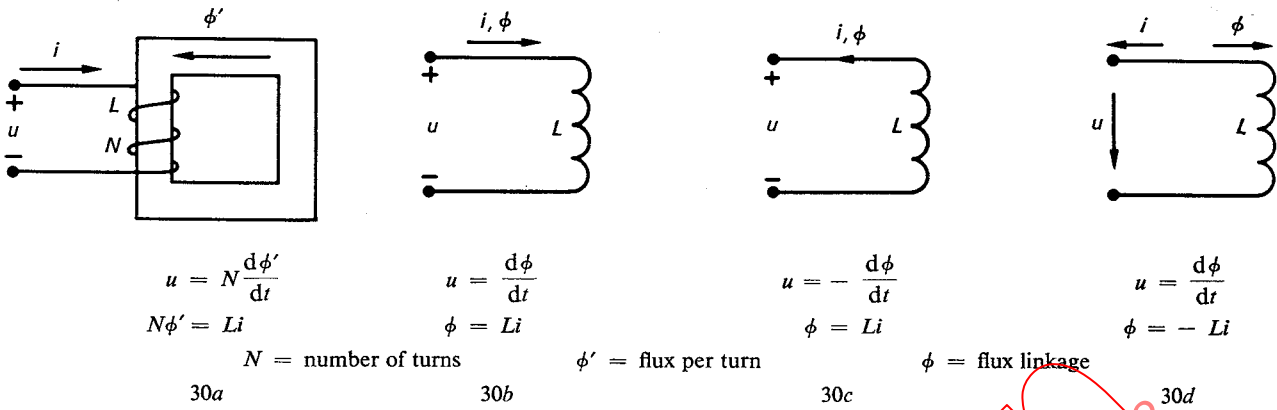


FIG. 30. — Association of the reference indications of magnetic flux, current and voltage for an inductor.

Clause 7 : Convention concerning mutual inductance

The condition that, for each electric circuit, the reference directions of the electric current and of the associated magnetic flux are so fixed that positive current produces positive flux, is as much as to say that the energy supplied to the two circuits is given by the expression:

$$dW = i_1 d\phi_1 + i_2 d\phi_2.$$

The sign of the mutual inductance remains indefinite so long as the reference directions of current and flux for the two circuits have not been fixed. If the reference directions of i_1 and ϕ_1 , or of i_2 and ϕ_2 , are reversed, so also will be the sign of the mutual inductance.

It would be possible to take M as always positive, and write the circuit equations with $-M$ when $\partial\phi_1/\partial i_2$ was negative; but this convention has not been chosen. The convention adopted has the advantage of leading to the same set of equations whatever the sign of $\partial\phi_1/\partial i_2$, so that the equations remain unchanged even when $\partial\phi_1/\partial i_2$ varies continuously through a change of sign, a condition that can occur in a variable mutual inductor.

An example of the relations between voltages and currents in two magnetically coupled loss-free electric circuits is given in Figure 31, page 47, and the associated equations. The example shows that, to determine the sign of the mutual inductance, instead of fixing for each circuit the reference directions of the current and of the associated magnetic flux, it is equally possible to fix for each circuit the reference direction of current and the reference polarity or reference direction of voltage. If they are so fixed that the power supplied to the circuits can be written:

$$p = i_1 u_1 + i_2 u_2,$$

then the relations are:

$$\begin{aligned} u_1 &= L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}, \\ u_2 &= M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}. \end{aligned}$$

Exemple :

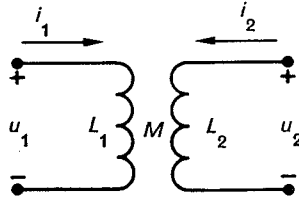


FIG. 31. — Inductance mutuelle de deux circuits électriques couplés magnétiquement.

Article 8 : Indication de la correspondance entre les polarités des tensions de circuits électriques couplés

La correspondance entre les polarités des tensions lors de la variation du flux magnétique commun peut être déterminée en alimentant un seul des enroulements, les autres enroulements étant ouverts.

Les points peuvent aussi être utilisés pour indiquer le signe d'une inductance mutuelle, comme représenté dans les figures 32.

Exemples :

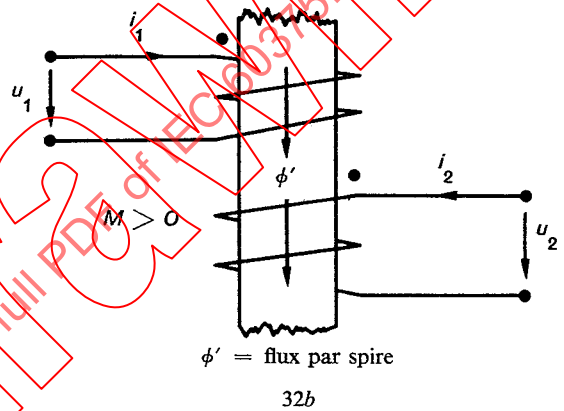
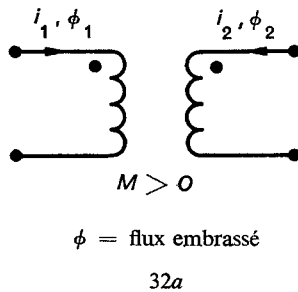


FIG. 32. — Indication du signe de l'inductance mutuelle de deux enroulements couplés magnétiquement.

Remarque 1. — De même qu'on peut utiliser des flèches pour indiquer le sens d'un courant continu et aussi pour indiquer le sens de référence d'un courant variable, on peut utiliser des points pour indiquer la correspondance entre les polarités des tensions d'un transformateur réel (ou d'enroulements à couplage rigide) et aussi pour indiquer la correspondance de référence entre les polarités des tensions d'un transformateur quelconque (ou d'enroulements à couplage variable). Les conventions relatives aux points ne concernent que le premier cas.

Les figures 15, page 20, et 32, ci-dessus, donnent des exemples d'utilisation des points pour deux enroulements couplés; un exemple plus complexe est représenté sur la figure 33.

Exemple :

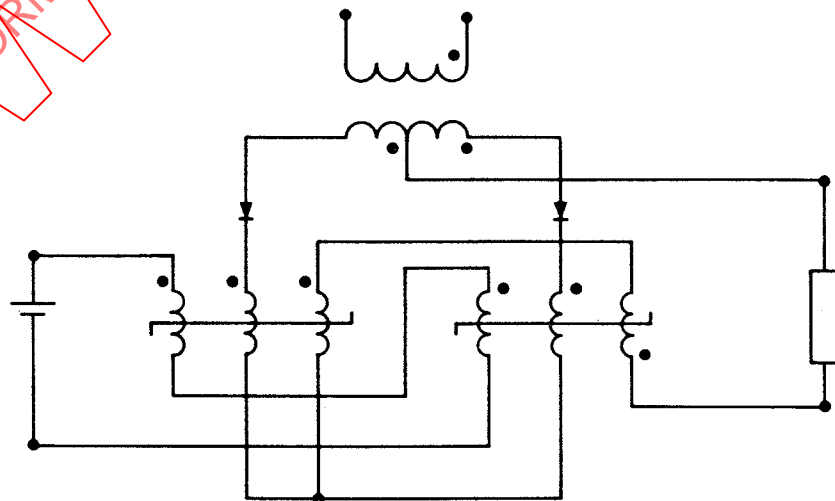


FIG. 33. — Utilisation des points dans le cas d'un transducteur.