# IEC 62428

Edition 1.0 2008-07

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

## Electric power engineering – Modal components in three-phase a.c. systems – Quantities and transformations

## Energie électrique – Composantes modales dans les systèmes a.c. triphasés – Grandeurs et transformations

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 01.060; 29.020

ISBN 2-8318-9921-4

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

# CONTENTS

FOREWORD ..... 3
1 Scope ..... 5
2 Normative references ..... 5
3 Terms, definitions, quantities and concepts ..... 5
3.1 General ..... 5
3.2 Terms and definitions ..... 5
4 Modal transformation ..... 7
4.1 General ..... 7
4.2 Power in modal components ..... 8
4.3 Established transformations ..... 10
5 Decoupling in three-phase a.c. systems ..... 16
5.1 Decoupling in case of steady-state operation with sinusoidal quantities ..... 16
5.2 Decoupling under transient conditions ..... 19
Bibliography ..... 23

Figure 1 – Circuit, fed by a three-phase voltage source with $\underline{U}_{L1Q}$, $\underline{U}_{L2Q}$, $\underline{U}_{L3Q}$ at the connection point Q and earthed at the neutral point N via the impedance $\underline{Z}_N = R_N + j X_N$ ..... 16

Figure 2 – Three decoupled systems which replace the coupled three-phase a.c. system of Figure 1 under the described conditions (see text) ..... 19

Table 1 – Power-variant form of modal components and transformation matrices ..... 11
Table 2 – Power-invariant form of modal components and transformation matrices ..... 12
Table 3 – Clark, Park and space phasor components – modal transformations in the power-variant form ..... 13
Table 4 – Clark, Park and space phasor components – Modal transformations in the power-invariant form ..... 14
Table 5 – Transformation matrices in the power-variant form for phasor quantities ..... 15
Table 6 – Transformation matrices in the power-invariant form for phasor quantities ..... 15
Table 7 – Modal voltages and impedances in case of phasor quantities ..... 18
Table 8 – Modal voltages and inductances under transient conditions ..... 22

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

# ELECTRIC POWER ENGINEERING – MODAL COMPONENTS IN THREE-PHASE AC SYSTEMS – QUANTITIES AND TRANSFORMATIONS

## 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
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 62428 has been prepared by IEC technical committee 25: Quantities and units.

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

| FDIS | Report on voting |
|---|---|
| 25/382/FDIS | 25/390/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 maintenance result date indicated on the IEC web site 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.

# ELECTRIC POWER ENGINEERING – MODAL COMPONENTS IN THREE-PHASE AC SYSTEMS – QUANTITIES AND TRANSFORMATIONS

## 1 Scope

This International Standard deals with transformations from original quantities into modal quantities for the widely used three-phase a.c. systems in the field of electric power engineering.

The examination of operating conditions and transient phenomena in three-phase a.c. systems becomes more difficult by the resistive, inductive or capacitive coupling between the phase elements and line conductors. Calculation and description of these phenomena in three-phase a.c. systems are easier if the quantities of the coupled phase elements and line conductors are transformed into modal quantities. The calculation becomes very easy if the transformation leads to decoupled modal systems. The original impedance and admittance matrices are transformed to modal impedance and admittance matrices. In the case of decoupling of the modal quantities, the modal impedance and admittance matrices become diagonal matrices.

## 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application 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 60050-141, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 141: Polyphase systems and circuits*

# SOMMAIRE

AVANT-PROPOS ..... 25
1 Domaine d'application ..... 27
2 Références normatives ..... 27
3 Termes, définitions, grandeurs et concepts ..... 27
3.1 Généralités ..... 27
3.2 Termes et définitions ..... 27
4 Transformations modales ..... 29
4.1 Généralités ..... 29
4.2 Puissance en composantes modales ..... 30
4.3 Transformations usuelles ..... 32
5 Découplage dans les systèmes a.c. triphasés ..... 38
5.1 Découplage en régime permanent avec des grandeurs sinusoïdales ..... 38
5.2 Découplage en régime transitoire ..... 41
Bibliographie ..... 45

Figure 1 – Circuit alimenté par une source triphasée de tension $\underline{U}_{\mathrm{L1Q}}$, $\underline{U}_{\mathrm{L2Q}}$, $\underline{U}_{\mathrm{L3Q}}$ au point Q et mis à la terre au point neutre N par l'intermédiaire de l'impédance $\underline{Z}_{\mathrm{N}} = R_{\mathrm{N}} + \mathrm{j}X_{\mathrm{N}}$ ..... 38

Figure 2 – Remplacement du système a.c. triphasé couplé de la Figure 1 par trois systèmes découplés sous des conditions déterminées (voir texte) ..... 41

Tableau 1 – Composantes modales ne conservant pas la puissance et leurs matrices de transformation ..... 33

Tableau 2 – Composantes modales conservant la puissance et leurs matrices de transformation ..... 34

Tableau 3 – Composantes de Clarke, de Park et en phaseurs spatiaux – Matrices de transformation pour les composantes modales sous forme ne conservant pas la puissance ..... 35

Tableau 4 – Composantes de Clarke, de Park et en phaseurs spatiaux – Matrices de transformation pour les composantes modales sous forme conservant la puissance ..... 36

Tableau 5 – Matrices de transformation pour les phaseurs sous forme ne conservant pas la puissance ..... 37

Tableau 6 – Matrices de transformation pour les phaseurs sous forme conservant la puissance ..... 37

Tableau 7 – Tensions et impédances modales pour des phaseurs ..... 40

Tableau 8 – Tensions et inductances modales en régime transitoire ..... 44

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

# ÉNERGIE ÉLECTRIQUE – COMPOSANTES MODALES DANS LES SYSTÈMES AC TRIPHASÉS – GRANDEURS ET TRANSFORMATIONS

## AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62428 a été établie par le comité d'études 25 de la CEI: Grandeurs et unités.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS | Rapport de vote |
|---|---|
| 25/382/FDIS | 25/390/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/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «http://webstore.iec.ch» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée; ou
- amendée.

# ÉNERGIE ÉLECTRIQUE – COMPOSANTES MODALES DANS LES SYSTÈMES AC TRIPHASÉS – GRANDEURS ET TRANSFORMATIONS

## 1 Domaine d'application

La présente norme traite des transformations des grandeurs originales en grandeurs modales pour les systèmes a.c. triphasés qui sont largement utilisés dans le domaine de l'énergie électrique.

L'étude des conditions de fonctionnement et des régimes transitoires dans les systèmes a.c. triphasés est rendue difficile du fait des couplages résistifs, inductifs ou capacitifs entre les éléments de phase et entre les conducteurs de ligne. Le calcul et la description de ces phénomènes dans les systèmes a.c. triphasés est plus facile si les grandeurs concernant les éléments de phase et les conducteurs de ligne sont transformées en grandeurs modales. Le calcul devient très facile si la transformation conduit à des systèmes modaux découplés. Les matrices d'impédances et d'admittances originales sont transformées en matrices d'impédances et d'admittances modales. Dans le cas où les grandeurs modales sont découplées, les matrices d'impédances et d'admittances deviennent diagonales.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60050-141, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Partie 141: Systèmes et circuits polyphasés*