

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60034-26**

Première édition  
First edition  
2006-07

---

---

**Machines électriques tournantes –**

**Partie 26:**

**Effets d'un système de tensions déséquilibrées  
sur les caractéristiques de fonctionnement des  
moteurs à cage asynchrones triphasés**

**Rotating electrical machines –**

**Part 26:**

**Effects of unbalanced voltages on the performance  
of three-phase cage induction motors**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60034-26:2006

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions 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.

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

## Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- IEC Web Site ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60034-26**

Première édition  
First edition  
2006-07

---

---

**Machines électriques tournantes –**

**Partie 26:**

**Effets d'un système de tensions déséquilibrées  
sur les caractéristiques de fonctionnement des  
moteurs à cage asynchrones triphasés**

**Rotating electrical machines –**

**Part 26:**

**Effects of unbalanced voltages on the performance  
of three-phase cage induction motors**

© IEC 2006 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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**L**

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

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                                                          | 4  |
| INTRODUCTION.....                                                                                                                                                           | 8  |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                                                                               | 10 |
| 2 Références normatives.....                                                                                                                                                | 10 |
| 3 Effets des tensions déséquilibrées sur les caractéristiques de fonctionnement .....                                                                                       | 10 |
| 3.1 Courants .....                                                                                                                                                          | 10 |
| 3.2 Echauffements .....                                                                                                                                                     | 10 |
| 3.3 Couples.....                                                                                                                                                            | 12 |
| 3.4 Vitesse à pleine charge .....                                                                                                                                           | 12 |
| 4 Réduction de la charge du moteur pour prévenir la surchauffe .....                                                                                                        | 12 |
| Annexe A (informative) Détermination des composantes symétriques des tensions<br>phase à phase $U_1$ , $U_2$ , $U_3$ d'un système triphasé .....                            | 16 |
| Annexe B (informative) Détermination approximative .....                                                                                                                    | 20 |
| Figure 1 – Valeurs types de réduction de la charge de conception N, moteurs asynchrones<br>triphasés à cage dans le cadre du domaine d'application de la CEI 60034-12 ..... | 14 |
| Figure A.1 – Schéma de phaseur .....                                                                                                                                        | 16 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-26:2006

## CONTENTS

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                                                                                      | 5  |
| INTRODUCTION.....                                                                                                                                  | 9  |
| 1 Scope.....                                                                                                                                       | 11 |
| 2 Normative references .....                                                                                                                       | 11 |
| 3 Effects of unbalanced voltages on performance.....                                                                                               | 11 |
| 3.1 Currents .....                                                                                                                                 | 11 |
| 3.2 Heating .....                                                                                                                                  | 11 |
| 3.3 Torques.....                                                                                                                                   | 13 |
| 3.4 Full-load speed .....                                                                                                                          | 13 |
| 4 Derating of motor to prevent overheating.....                                                                                                    | 13 |
| Annex A (informative) Determination of the symmetrical components of the line-to-line voltages $U_1$ , $U_2$ , $U_3$ of a three-phase system ..... | 17 |
| Annex B (informative) Approximate determination.....                                                                                               | 21 |
| Figure 1 – Typical values of derating of design N, three-phase cage induction motors within the scope of IEC 60034-12 .....                        | 15 |
| Figure A.1 – Phasor diagram .....                                                                                                                  | 17 |

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

### Partie 26: Effets d'un système de tensions déséquilibrées sur les caractéristiques de fonctionnement des moteurs à cage asynchrones triphasés

#### 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 60034-26 a été établie par le comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

La présente norme annule et remplace la CEI TS 60034-26 publiée en 2002.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS        | Rapport de vote |
|-------------|-----------------|
| 2/1391/FDIS | 2/1398/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.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

**Part 26: Effects of unbalanced voltages on the performance  
of three-phase cage induction motors**

## 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 60034-26 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This standard cancels and replaces IEC TS 60034-26 published in 2002.

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

|             |                  |
|-------------|------------------|
| FDIS        | Report on voting |
| 2/1391/FDIS | 2/1398/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.

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60034, présentées sous le titre general *Machines électriques tournantes* peut être consultée sur le site web de la CEI.

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.

Le contenu du corrigendum de septembre 2014 a été pris en considération dans cet exemplaire.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-26:2006

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

A list of all parts of IEC 60034 series, under the general title *Rotating electrical machines* can be found on the IEC website.

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.

The contents of the corrigendum of September 2014 have been included in this copy.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-26:2006

## INTRODUCTION

Lorsque les tensions en ligne appliquées à un moteur asynchrone triphasé à cage ne sont pas égales, les courants dans les enroulements statoriques seront également inégaux. Un déséquilibre de tension d'un pourcentage réduit aboutit à un déséquilibre de courant d'un pourcentage bien plus important.

L'application de tensions déséquilibrées à un moteur asynchrone triphasé entraîne une tension inverse, et cela produit dans l'entrefer un flux tournant contre la rotation du rotor, tendant par là même à produire des courants élevés. Une tension inverse réduite peut produire des courants dans les enroulements dépassant considérablement ceux qui sont présents dans des conditions de tensions équilibrées. En conséquence, l'augmentation de température du moteur fonctionnant à une charge spécifique et le déséquilibre de tension en pourcentage seront supérieurs à ceux concernant le moteur fonctionnant dans les mêmes conditions avec des tensions équilibrées.

Les méthodes analytiques et graphiques utilisées pour le calcul des composantes symétriques à partir des lectures de tension des trois phases sont notoirement et peuvent être relevées dans les ouvrages. Ainsi, les programmes de calcul ne sont pas incorporés dans la présente norme, mais présentés dans l'Annexe A informative. De plus, l'évaluation des composantes symétriques peut être réalisée automatiquement par l'instrumentation moderne.

Une évaluation approximative de déséquilibre est donnée dans l'Annexe informative B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-26:2006

## INTRODUCTION

When the line voltages applied to a three-phase cage induction motor are not equal, the currents in the stator windings will also be unequal. A small percentage voltage unbalance will result in a much larger percentage current unbalance.

The application of unbalanced voltages to a three-phase induction motor introduces a negative sequence voltage, and this produces in the air gap, a flux rotating against the rotation of the rotor, thus tending to produce high currents. A small negative sequence voltage may produce currents in the windings considerably in excess of those present under balanced voltage conditions. Consequently, the temperature rise of the motor operating at a particular load and percentage of voltage unbalance will be greater than for the motor operating under the same conditions with balanced voltages.

The analytical and graphical methods used to calculate the symmetrical components from the voltage readings of the three phases are well-known and can be taken from textbooks. Thus, the calculation schemes are not incorporated in this standard, but shown in the informative Annex A. Besides, the evaluation of the symmetrical components can be done automatically by modern instrumentation.

An approximate evaluation of imbalance is given in the informative Annex B.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60034-26:2006

## MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

### Partie 26: Effets d'un système de tensions déséquilibrées sur les caractéristiques de fonctionnement des moteurs à cage asynchrones triphasés

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60034 décrit les effets des tensions déséquilibrées sur les caractéristiques de fonctionnement des moteurs asynchrones triphasés à cage.

#### 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 60034-12, *Machines électriques tournantes – Partie 12: Caractéristiques de démarrage des moteurs triphasés à induction à cage à une seule vitesse*

#### 3 Effets des tensions déséquilibrées sur les caractéristiques de fonctionnement

Les effets des tensions déséquilibrées sur les caractéristiques de fonctionnement du moteur sont décrits de 3.1 à 3.3.

##### 3.1 Courants

Les composantes inverses de tension produisent dans l'entrefer un flux effectuant une rotation contre la rotation du rotor. Une petite composante inverse de la tension peut produire des courants dans l'enroulement dépassant considérablement ceux qui sont présents dans des conditions de tension équilibrée. La fréquence du courant dans la cage est presque de deux fois la fréquence assignée, ainsi dans le cas de cages avec déplacement de courant, l'augmentation des pertes d'enroulement du rotor est beaucoup plus élevée que l'augmentation des pertes d'enroulement statorique.

Les courants en vitesse de fonctionnement normale seront considérablement déséquilibrés, de l'ordre d'environ 6 à 10 fois le déséquilibre de tension.

Le courant à rotor bloqué est déséquilibré au même degré que les tensions sont déséquilibrées, mais la puissance apparente du rotor bloqué n'augmente que légèrement.

##### 3.2 Echauffements

L'échauffement de l'enroulement statorique est toujours plus élevé que lors d'un fonctionnement aux tensions d'alimentation équilibrées à cause de l'augmentation des pertes produites par les composantes inverses des courants et tensions.

L'augmentation des pertes du rotor est accentuée par le déplacement de courant.

## ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

### Part 26: Effects of unbalanced voltages on the performance of three-phase cage induction motors

#### 1 Scope

This part of IEC 60034 describes the effects of unbalanced voltages on the performance of three-phase cage induction motors.

#### 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 60034-12, *Rotating electrical machines – Part 12: Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors*

#### 3 Effects of unbalanced voltages on performance

The effects of unbalanced voltages on motor performance are as described in 3.1 to 3.3.

##### 3.1 Currents

The negative sequence components of the voltage produce in the air gap a flux rotating against the rotation of the rotor. A small negative-sequence component of the voltage may produce currents in the windings considerably in excess of those present under balanced voltage conditions. The frequency of the current in the cage is almost twice rated frequency, thus in the case of cages with current displacement the increase of the rotor winding losses is substantially higher than the increase of the stator winding losses.

The currents at normal operating speed will be greatly unbalanced in the order of approximately 6 to 10 times the voltage unbalance.

The locked-rotor current will be unbalanced to the same degree that the voltages are unbalanced, but the locked-rotor apparent power will increase only slightly.

##### 3.2 Heating

The temperature rise of the stator winding is always higher than in operation at balanced supply voltages due to the increase of the losses produced by the negative-sequence components of the currents and voltages.

The increase of the rotor losses is amplified by the current displacement.

De plus, le déséquilibre des tensions est souvent associé à une réduction de la composante directe de la tension, ce qui provoque une augmentation des composantes directes des courants dans le stator et le rotor.

### 3.3 Couples

Les couples à rotor bloqué, minimaux et de décrochage, diminuent lorsque les tensions sont déséquilibrées. Si le déséquilibre de tension était extrêmement sévère, les couples pourraient ne pas être appropriés pour l'application.

Le déséquilibre de tension est associé à la création d'un couple oscillatoire de deux fois la fréquence de ligne. Son amplitude augmente linéairement avec le produit de la composante inverse et de la composante directe des tensions; à un facteur de déséquilibre de  $f_u = 0,05$  (voir Article 4) sa valeur de crête se situe dans la plage de 25 % du couple assigné. Des vibrations de torsion inadmissibles du système d'arbre complet peuvent être excitées, lorsque sa vitesse critique de torsion est près de deux fois la fréquence de ligne.

### 3.4 Vitesse à pleine charge

La vitesse à pleine charge est légèrement réduite lorsque le moteur fonctionne avec des tensions déséquilibrées à cause du glissement plus élevé associé aux pertes rotoriques supplémentaires.

## 4 Réduction de la charge du moteur pour prévenir la surchauffe

Lorsqu'un moteur à courant alternatif utilisé sur une alimentation électrique de fréquence assignée est connecté à un système de tension triphasé ayant une composante inverse dépassant 1 % de la composante directe des tensions sur une longue période (au moins la constante de temps thermique de la machine), la puissance autorisée du moteur est inférieure à la puissance assignée pour réduire la possibilité de dommages au moteur. Un facteur typique de déclassement pour moteurs de conception N dans le cadre du domaine d'application de la CEI 60034-12 est donné à la figure 1 en supposant que la composante directe de la tension d'alimentation est proche de la tension assignée. Le fonctionnement du moteur au-dessus d'un état de déséquilibre de tension de 5 % n'est pas recommandé.

Le facteur de déséquilibre  $f_u$  de la figure 1 est défini comme suit:

$$f_u = U_n / U_p$$

où

$U_n$  est la valeur efficace de la composante inverse de la tension d'alimentation;

$U_p$  est la valeur efficace de la composante directe de la tension d'alimentation.

In addition, unbalance of the voltages often is associated with a reduction of the positive-sequence component of the voltage, which causes an increase of the positive-sequence components of the currents in stator and rotor.

### 3.3 Torques

The locked-rotor, pull-up and breakdown torques are decreased when the voltages are unbalanced. Should the voltage unbalance be extremely severe, the torques might not be adequate for the application.

Voltage unbalance is associated with the generation of an oscillating torque of twice line frequency. Its amplitude increases linearly with the product of the negative and the positive sequence component of the voltages; at an unbalance factor of  $f_u = 0,05$  (see Clause 4) its peak value is in the range of 25 % of the rated torque. Impermissible torsional vibrations of the complete shaft system may be excited, when its critical torsional speed is close to twice line frequency.

### 3.4 Full-load speed

The full-load speed is reduced slightly when the motor operates with unbalanced voltages because of the higher slip associated with the additional rotor losses.

## 4 Derating of motor to prevent overheating

When an a.c. motor for use on a power supply of rated frequency is connected to a three-phase voltage system having a negative-sequence component exceeding 1 % of the positive-sequence component of the voltages over a long period, (at least the thermal time constant of the machine), the permissible power of the motor is less than the rated power to reduce the possibility of damage to the motor. A typical derating factor for motors of design N within the scope of IEC 60034-12 is given in Figure 1 on the supposition that the positive-sequence component of the supply voltage is close to the rated voltage. Operation of the motor above a 5 % voltage unbalance condition is not recommended.

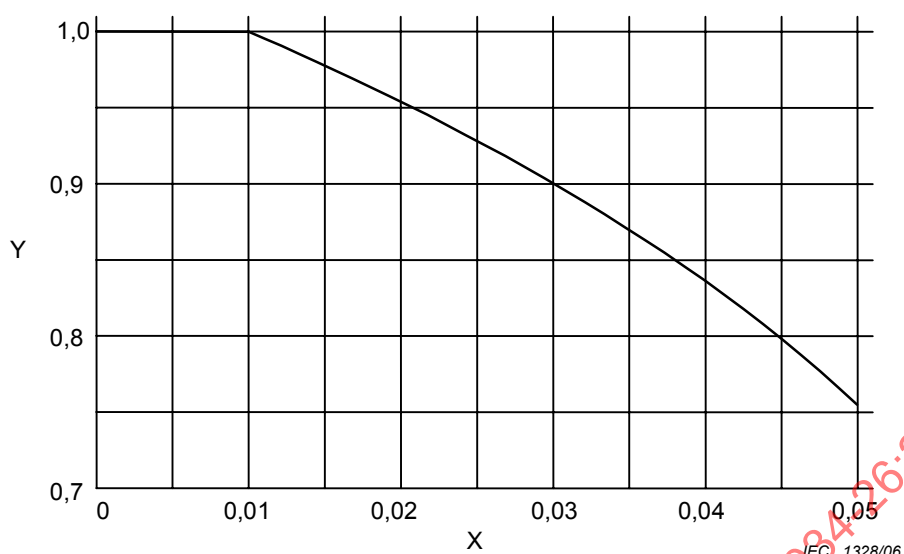
The unbalance factor  $f_u$  in Figure 1 is defined as:

$$f_u = U_n/U_p$$

where

$U_n$  is the r.m.s. value of the negative-sequence component of the supply voltage;

$U_p$  is the r.m.s. value of the positive-sequence component of the supply voltage.

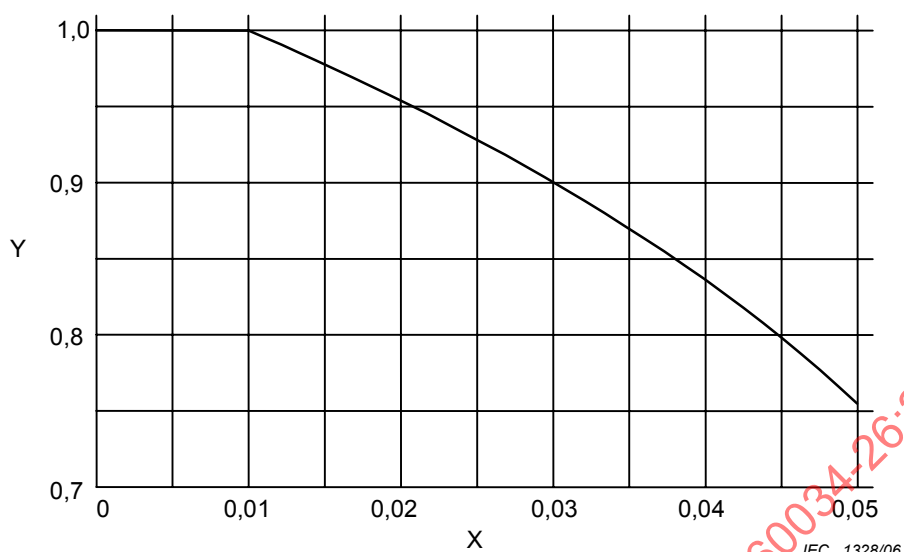


#### Légende

L'axe Y est le facteur de charge

L'axe X est le déséquilibre de tension ( $f_u$ )

**Figure 1 – Valeurs types de réduction de la charge de conception N, moteurs asynchrones triphasés à cage dans le cadre du domaine d'application de la CEI 60034-12**

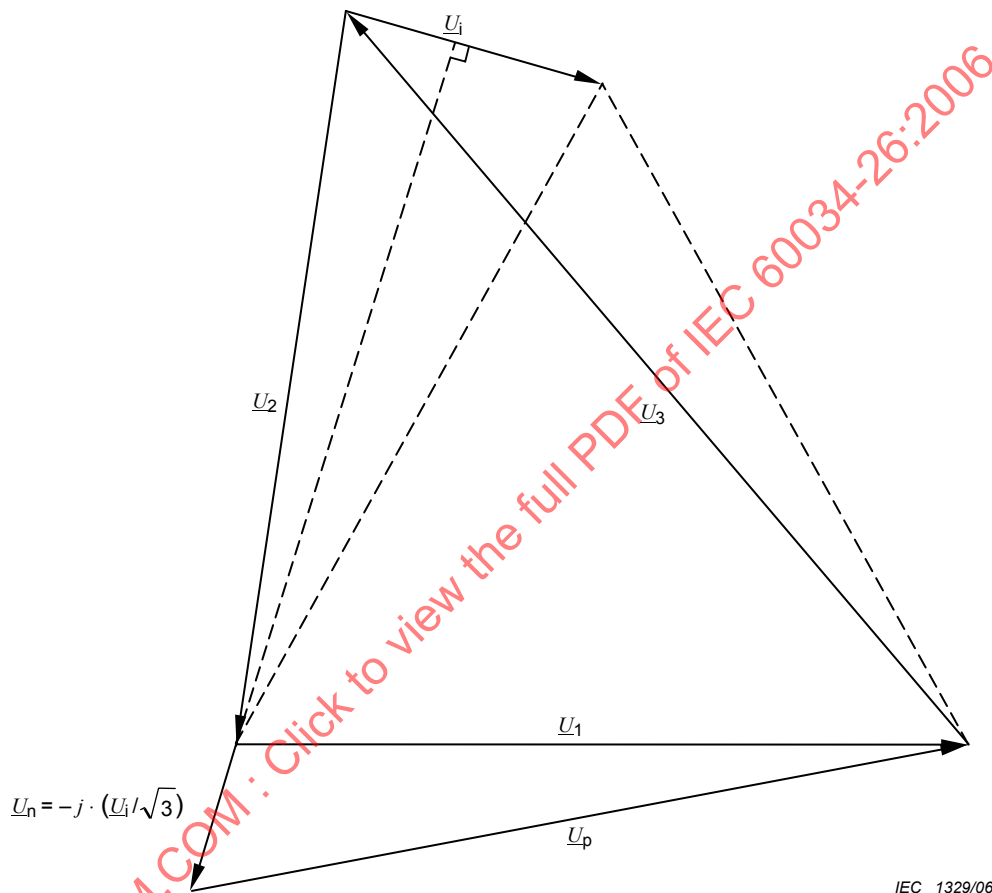
**Legend** $Y$  = derating factor $X$  = unbalance factor  $f_U$ 

**Figure 1 – Typical values of derating of design N, three-phase cage induction motors within the scope of IEC 60034-12**

## Annexe A (informative)

### Détermination des composantes symétriques des tensions phase à phase $U_1, U_2, U_3$ d'un système triphasé

#### A.1 Détermination graphique



IEC 1329/06

Figure A.1 – Schéma de phaseur

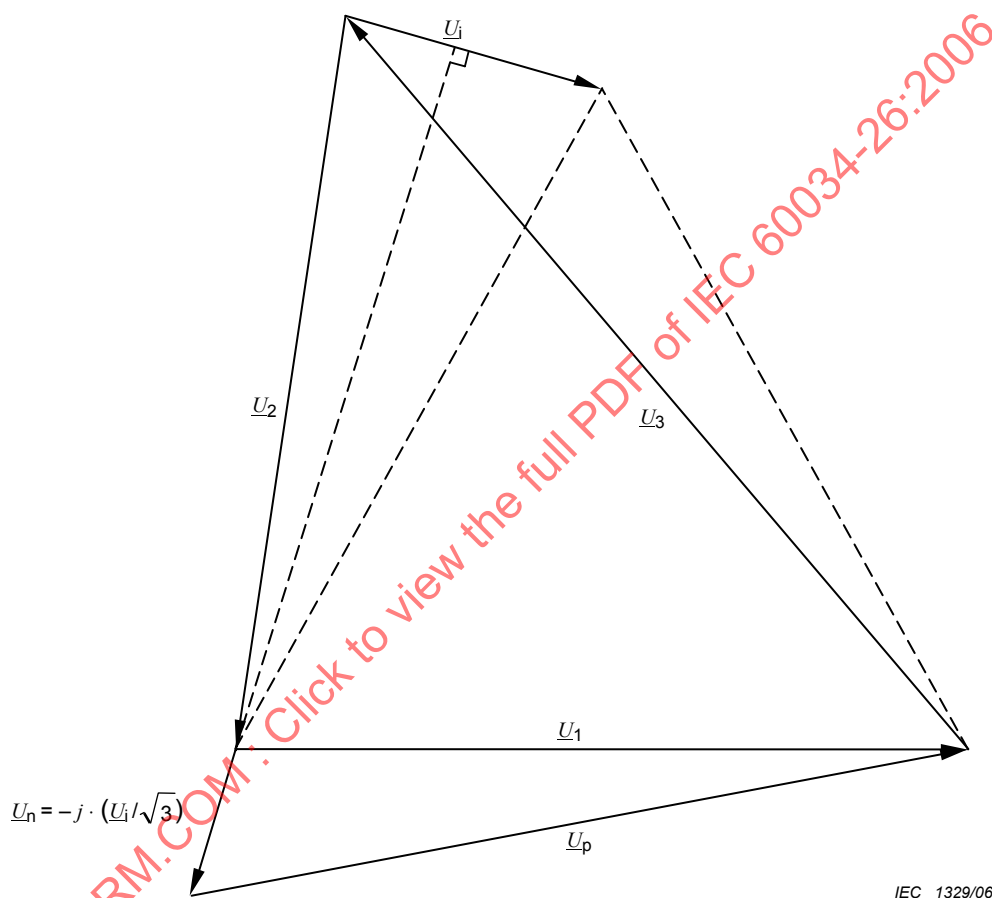
Étapes de la détermination graphique des composantes symétriques  $U_p$  et  $U_n$ :

- Dessiner le schéma de phaseur des trois tensions  $U_1, U_2, U_3$ , dont la somme est toujours zéro.
- Dresser un triangle équilatéral sur l'un des phaseurs ( $U_1$  est choisi à la figure A.1).
- Le raccordement des coins supérieurs des deux triangles aboutit au phaseur auxiliaire  $\underline{U}_i$ .
- Dessiner une ligne droite, perpendiculaire au phaseur  $\underline{U}_i$  et rencontrant le coin opposé du triangle formé par  $\underline{U}_1, \underline{U}_2, \underline{U}_3$ .
- L'allongement de cette ligne aboutit à la composante inverse  $\underline{U}_n$ , lorsque sa longueur est  $U_i / \sqrt{3}$ .
- Le raccordement de l'extrémité du phaseur  $\underline{U}_n$  et de l'extrémité du phaseur  $\underline{U}_1$  est le phaseur de la composante directe  $U_p$ .

## Annex A (informative)

### Determination of the symmetrical components of the line-to-line voltages $U_1, U_2, U_3$ of a three-phase system

#### A.1 Graphical determination



**Figure A.1 – Phasor diagram**

Steps of the graphical determination of the symmetrical components  $U_p$  and  $U_n$ :

- Draw the phasor diagram of the three voltages  $U_1, U_2, U_3$ , the sum of which is always zero.
- Erect an equilateral triangle upon one of the phasors ( $U_1$  is chosen in Figure A.1).
- The connection of the upper corners of the two triangles results in the auxiliary phasor  $U_i$ .
- Draw a straight line, perpendicular to the phasor  $U_i$  and meeting with the opposite corner of the triangle built up by  $U_1, U_2, U_3$ .
- The elongation of this line results in the negative-sequence component  $U_n$ , when its length is made  $U_i/\sqrt{3}$ .
- The connection of the tip of the phasor  $U_n$  and the tip of the phasor  $U_1$  is the phasor of the positive sequence component  $U_p$ .