

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
34-2

1972

AMENDEMENT 2
AMENDMENT 2

1996-11

Amendement 2

Machines électriques tournantes –

Partie 2:

**Méthodes pour la détermination des pertes
et du rendement des machines électriques
tournantes à partir d'essais (à l'exclusion
des machines pour véhicules de traction)**

Amendment 2

Rotating electrical machines –

Part 2:

**Methods for determining losses and efficiency
of rotating electrical machinery from tests
(excluding machines for traction vehicles)**

© CEI 1996 Droits de reproduction réservés — Copyright – all rights reserved

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

L

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

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le sous-comité 2G: Méthodes et procédures d'essai, comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

| FDIS | Rapports de vote |
|--------------------------|------------------------|
| 2G/73/FDIS 2/939/FDIS | 2G/81/RVD 2/951/RVD |

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cet amendement.

Page 2

SOMMAIRE

Ajouter le titre de l'annexe A comme suit:

Annexe A – Méthodes provisoires de détermination des pertes et du rendement des moteurs alimentés par convertisseurs

Page 12

5 Température de référence

Le texte existant doit être remplacé comme suit:

Sauf mention contraire, toutes les pertes RI^2 doivent être corrigées aux températures ci-dessus:

| Classe thermique du système d'isolement | Température de référence °C |
|---|-----------------------------|
| A, E | 75 |
| B | 95 |
| F | 115 |
| H | 130 |

Si l'échauffement assigné ou la température assignée est spécifié(e) à une valeur correspondant à une classe thermique inférieure à la classe du système utilisé dans la construction, alors la température de référence doit être celle de la classe thermique la plus basse.

FOREWORD

This amendment has been prepared by sub-committee 2G: Test methods and procedures, of IEC technical committee 2: Rotating machinery.

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

| FDIS | Reports on voting |
|--------------------------|------------------------|
| 2G/73/FDIS 2/939/FDIS | 2G/81/RVD 2/951/RVD |

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

Page 3

CONTENTS

Add the title of annex A as follows:

Annex A – Provisional methods for determining losses and efficiency of converter-fed cage induction machines

Page 13

5 Reference temperature

Replace the existing text by the following:

Unless otherwise specified, all I^2R losses shall be corrected to the temperatures given below:

| Thermal class of the insulation system | Reference temperature °C |
|--|--------------------------|
| A, E | 75 |
| B | 95 |
| F | 115 |
| H | 130 |

If the rated temperature rise or the rated temperature is specified as that of a lower thermal class than that used in the construction, the reference temperature shall be that of the lower thermal class.

Ajouter l'annexe A comme suit:

Annexe A (informative)

Méthodes provisoires de détermination des pertes et du rendement des moteurs alimentés par convertisseurs

INTRODUCTION

La présente annexe s'applique aux moteurs à induction triphasés à cage, de fréquence assignée inférieure ou égale à 120 Hz, alimentés par des convertisseurs comportant un pont milieu et appartenant aux types suivants: convertisseurs de courant et convertisseurs de tension, typiquement à modulation de la largeur d'impulsions (MLI).

Les méthodes de détermination des pertes et du rendement, données dans la section 3, sont désormais en partie inapplicables et la présente annexe indique les modifications d'essais à effectuer.

NOTE – Le convertisseur à indice de pulsation six est un cas particulier du convertisseur à impulsions.

En général, lorsqu'il est alimenté par un convertisseur, le moteur présente des pertes plus élevées que lorsqu'il est alimenté par une source sinusoïdale. Ces pertes supplémentaires dépendent du spectre d'harmoniques de la grandeur d'alimentation imposée (soit un courant, soit une tension). L'importance de ces pertes dépend du circuit et du mode de commande du convertisseur. En conséquence, un simple facteur correctif de ces pertes supplémentaires ne peut exister.

La détermination des pertes et du rendement du moteur devra alors, de préférence, utiliser des procédures dans lesquelles le moteur est alimenté par le même convertisseur que celui avec lequel il sera mis en service. Il est également entendu que des méthodes acceptables ne doivent pas nécessiter la connaissance de données technologiques du moteur, comme la géométrie des barres du rotor.

A.1 Détermination des pertes et du rendement des moteurs alimentés par convertisseurs

A.1.1 Composantes des pertes supplémentaires

Dans les moteurs à induction à cage, des pertes supplémentaires¹⁾ sont provoquées par les harmoniques soit de courant, soit de tension; elles sont composées des pertes suivantes:

- a) les pertes Joule supplémentaires dans les enroulements primaires;
- b) les pertes Joule supplémentaires dans les enroulements secondaires;
- c) les pertes supplémentaires dans les tôles.

NOTE – Les phénomènes physiques à l'origine des pertes supplémentaires sont traités au chapitre 5 de la CEI 34-17, 1992: «Guide d'application des moteurs à induction à cage alimentés par convertisseurs».

¹⁾ Ces pertes supplémentaires sont dues aux harmoniques de l'alimentation et n'incluent pas les pertes supplémentaires décrites en 8.1a) et 8.3 qui se réfèrent à une alimentation sinusoïdale seulement.

Add annex A as follows:

Annex A (informative)

Provisional methods for determining losses and efficiency of converter-fed cage induction machines

INTRODUCTION

This annex applies to cage induction machines with rated frequencies up to 120 Hz supplied by converters which have an intermediate circuit and are of the following types: I-converters and U-converters, typically Pulse Width Modulated (PWM).

The methods to determine losses and efficiency given in section 3 are partly no longer applicable and this annex indicates the test modifications that are necessary.

NOTE – The six-step converter is a special case of the pulsed converter.

In general, when fed from a converter, the motor losses are higher than during operation on a sinusoidal system. These additional losses depend on the harmonic spectrum of the impressed supply quantity (either current or voltage). Their magnitude is influenced by circuitry and control method of the converter. Consequently a simple factor to cover these additional losses cannot be found.

The determination of losses and efficiency will therefore preferably use procedures where the motor is operated together with the same converter with which it is going into service. It is also understood that suitable methods shall not require the knowledge of design data of the motor, such as the rotor bar geometry.

A.1 Determination of losses and efficiency of converter-fed motors

A.1.1 Components of the additional losses

In cage induction motors additional losses¹⁾ are produced due to the harmonics in either current or voltage, they are made up of the following components:

- a) additional I^2R losses in primary windings;
- b) additional I^2R losses in secondary windings;
- c) additional losses in active iron.

NOTE – The physical effects giving rise to the additional losses are treated in chapter 5 of IEC 34-17, 1992: "Guide for the application of cage induction motors when fed from converters".

¹⁾ These additional losses are due to harmonics of the supply and do not contain the additional losses described in 8.1a) and 8.3 which refer to sinusoidal supply of fundamental frequency only.

A.1.2 Détermination du rendement par la méthode globale des pertes

La méthode du mesure globale des pertes telle qu'elle est indiquée dans l'article 12 est une méthode recommandée, car toutes les pertes supplémentaires sont incluses dans le résultat (voir article A.3); toutefois, le matériel de mesure doit avoir une précision suffisante pour mesurer la puissance, le couple et la vitesse, ainsi qu'une gamme de fréquence appropriée. Des exigences complémentaires doivent donc être spécifiées en ce qui concerne les appareils de mesure et leurs accessoires (voir article A.2 s'ajoutant au contenu de l'article 3).

Pour garantir une tolérance relative acceptable de la mesure du rendement du moteur, l'erreur relative maximale $(\Delta P/P_a)_{\max}$ de la mesure de puissance doit être diminuée quand le rendement s'accroît, comme indiqué à la figure A.1.

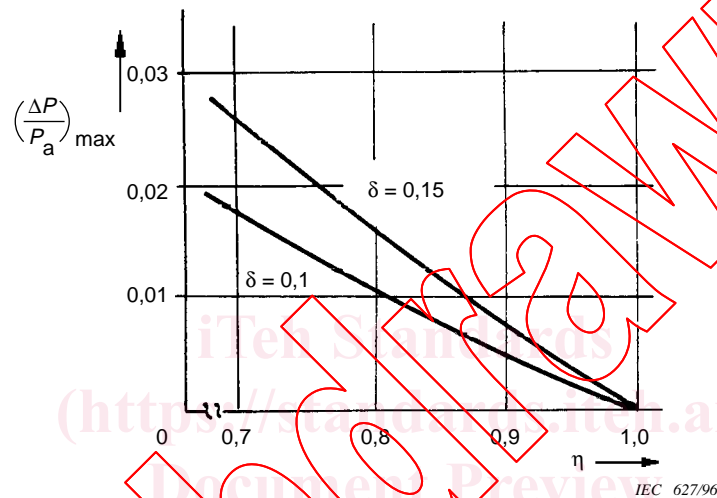


Figure A.1 – Erreur relative maximale admissible $(\Delta P/P_a)_{\max}$ pour la mesure globale des pertes²⁾

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/641b-992/fb19-4856-bb5a-4df659db346/iec-60034-2-1972-amd2-1996>

Il est également possible de déterminer le rendement global du système complet constitué par le convertisseur et le moteur par la méthode globale sur accord entre le constructeur et l'acheteur. Dans ce cas, le rendement du moteur ne peut pas être déterminé séparément.

A.1.3 Détermination du rendement par la méthode de totalisation des pertes

Un certain nombre d'hypothèses faites en 9.1 ne sont plus valables pour les moteurs alimentés par convertisseurs. Dans l'essai à vide, les pertes Joule dans l'enroulement secondaire (9.1.1.1) ne peuvent pas être négligées. Les pertes fer ne peuvent donc pas être séparées. L'essai à vide à tension variable (c'est-à-dire à flux variable) conformément à 9.1.1.3 est impossible à réaliser avec un grand nombre de convertisseurs du commerce, en raison de la plage limitée de réglage; en conséquence, il ne sera pas possible de séparer les pertes par friction et par ventilation (8.1b) et c)) des autres pertes à l'aide d'un essai à vide.

²⁾ δ = tolérance, décrite dans la CEI 34-1, tableau VIII, points 1 et 2. Les courbes sont basées sur une considération d'erreur simplifiée, supposant une erreur absolue ΔP du même ordre de grandeur sur $P_{\text{absorbée}}$ et P_{utile} . La figure A.1 est le graphe de l'équation $(\Delta P/P_a)_{\max} = \delta \cdot (1-\eta) / (1+\eta)$.

A.1.2 Efficiency determination by input-output measurement

The motor input-output measurement as indicated in clause 12 is a preferred method since all additional losses are incorporated in the result (see clause A.3); however, the measuring equipment must have sufficient accuracy for measuring power, torque and speed as well as an appropriate frequency range. Therefore, additional requirements for measuring instruments and accessories beyond the contents of clause 3 have to be specified (see clause A.2).

To keep within a required relative tolerance of the resulting motor efficiency, the maximum relative error $(\Delta P/P_{in})_{\max}$ of the power measurement has to be decreased with increasing efficiency, as shown in figure A.1.

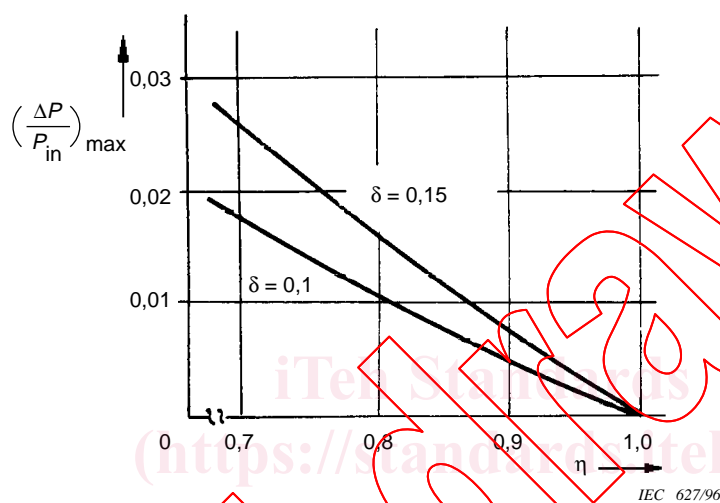


Figure A.1 – Maximum permissible relative error $(\Delta P/P_{in})_{\max}$ of input as well as output measurement

There is also the possibility to determine the overall efficiency of the complete system consisting of converter and motor by input-output measurement, applicable on agreement between manufacturer and purchaser. In this case the motor efficiency cannot be determined separately.

A.1.3 Efficiency determination by summation of losses

A number of presumptions made in 9.1 are no longer valid for motors fed from converters. In the no-load test, the I^2R losses in the secondary winding (9.1.1.1) may not be neglected. Therefore the iron losses cannot be separated. The no-load test at variable voltage (i.e. at variable flux) according to 9.1.1.3 cannot be carried through with many commercial converters, due to the limited range of adjustment; consequently there will be no possibility to separate the friction and windage losses (8.1b) and c)) from the other losses by a no-load test.

2) δ = tolerance as described in IEC 34-1, table VIII, items 1 and 2. The curves are based on a simplified error consideration, assuming errors ΔP of equal magnitude in P_{in} and P_{out} . Figure A.1 is a graph of the equation $(\Delta P/P_{in})_{\max} = \delta \cdot (1-\eta) / (1+\eta)$.

En ce qui concerne l'essai en charge, l'assertion de 9.1.2.1 selon laquelle «les pertes dans l'enroulement secondaire sont égales au produit du glissement par la puissance totale transmise à l'enroulement secondaire» est seulement valable pour une machine fonctionnant avec un courant sinusoïdal. De plus, le calcul des pertes Joule de l'enroulement primaire à partir de la résistance mesurée en utilisant la méthode d'injection de courant continu (9.1.2.1) provoquera une erreur due aux courants induits.

Donc, pour utiliser la méthode de totalisation des pertes, certaines hypothèses doivent être faites (voir article A.4).

A.1.4 Détermination du rendement par la méthode calorimétrique

L'application de la méthode calorimétrique est particulièrement utile dans le cas des moteurs alimentés par des convertisseurs car les pertes sont mesurées indépendamment de la forme d'onde de tension et de courant.

La méthode calorimétrique décrite à l'article 3 de la CEI 34-2A a été jugée intéressante car elle ne nécessite pas de perte de charge; dès lors, il n'est pas nécessaire de connaître la densité du fluide de refroidissement, cette densité étant fonction du taux d'humidité et de la température. De plus, la variation de la chaleur massique peut généralement être ignorée.

Dans un montage tel que celui décrit figure A.2, la puissance absorbée dans la résistance de dissipation peut être aisément, aussi les pertes du moteur peuvent-elles être calculées à partir de la formule:

$$P_v = P_d (T_2 - T_1) / (T_3 - T_2)$$

où

P_v représente les pertes du moteur;

P_d représente les pertes dissipées dans la résistance;

T_1, T_2, T_3 représente les températures mesurées aux points indiqués à la figure A.2.

La précision de la mesure dépend essentiellement des élévations de températures ($T_2 - T_1$) et ($T_3 - T_2$). La mesure doit être effectuée conformément à l'article 13 de la CEI 34-2A, afin de garantir une précision de mesure correspondant à l'article 15 et au tableau II.

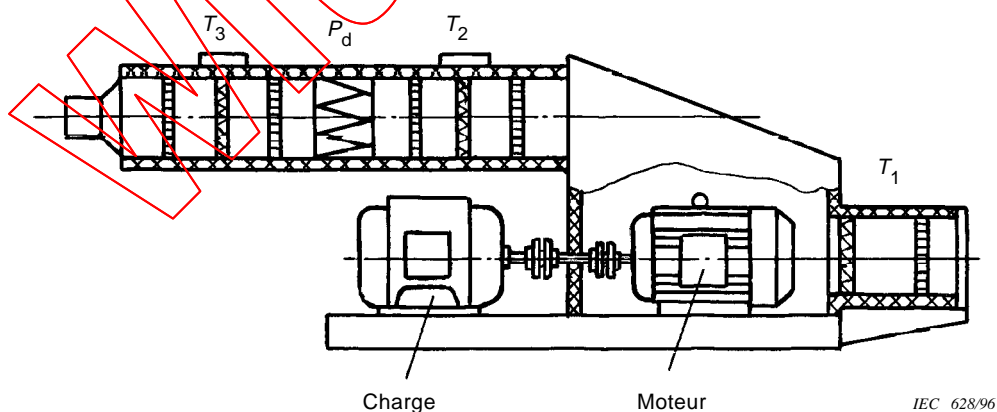


Figure A.2 – Schéma de montage d'essai pour la méthode d'étalonnage calorimétrique

A.1.5 Détermination du rendement par la totalisation des pertes à partir d'essais sur un système sinusoïdal, avec des coefficients forfaitaires pour la prise en compte des pertes supplémentaires

Les moteurs et les convertisseurs de construction conventionnelle sont souvent uniquement associés sur le site pour lequel ils sont destinés. Dans ce cas, une méthode de détermination du rendement, en ajoutant un terme forfaitaire aux pertes connues avec une source sinusoïdale, serait particulièrement bienvenue. Malheureusement, comme indiqué précédemment, il n'y a aucune possibilité de définir des valeurs convenables de ce terme forfaitaire pouvant couvrir la grande diversité des circuits de convertisseurs et des modes de commande. Actuellement, des données expérimentales, rassemblées pour une certaine gamme de puissances utiles et de type de circuit, autorisent seulement un niveau limité de coefficients forfaitaires (voir article A.5).

A.1.6 Méthodes recommandées

Selon les caractéristiques assignées des moteurs, l'application des méthodes suivantes est recommandée pour les moteurs de fréquence assignée égale à 50 Hz ou 60 Hz:

- a) La méthode globale (article A.3) en cas d'alimentation par un convertisseur de courant ou un convertisseur de tension, pour les moteurs de puissance ≤ 50 kW. La méthode globale peut aussi être appliquée à des moteurs de puissance > 50 kW, sur accord de l'acheteur et du constructeur³⁾.
- b) La méthode de totalisation des pertes en cas d'alimentation par un convertisseur de courant (A.4.1) ou un convertisseur de tension (A.4.2) pour les moteurs de puissance > 50 kW.
- c) La méthode de totalisation des pertes avec une source sinusoïdale (9.1) et un essai à vide en cas d'alimentation par un convertisseur de tension (A.4.3) pour des moteurs essayés sur banc d'essais (quelle que soit la puissance des moteurs).
- d) La méthode calorimétrique (A.1.4) applicable à toutes les puissances, avec des convertisseurs de courant et des convertisseurs de tension.

A.2 Recommandations pour les appareils de mesure

Des appareils de mesure de valeurs efficaces de courant et de tension, et de mesure de puissance active sont nécessaires. Dans la méthode globale, la mesure de la puissance active définit, en même temps que les matériels de mesure du couple et de la vitesse, la précision des résultats.

En considérant la contribution des harmoniques aux pertes, il faut prendre soin de choisir un appareillage de mesure apte à fonctionner dans la gamme de fréquences concernées avec une précision suffisante. Les valeurs suivantes sont recommandées pour la bande passante f_4 du matériel de mesure, y compris les transformateurs de mesure, les transducteurs et les résistances de shuntage:

$$f_r = 10 f_1 \text{ pour des convertisseurs à indice de pulsation six;}$$

$$f_r = 6 f_p \text{ pour des convertisseurs MLI, avec un maximum de 100 kHz:}$$

3) Si, par accord, la méthode est appliquée à des moteurs de plus forte puissance, il faut accepter que l'erreur commise sur la détermination du rendement puisse dépasser les limites de tolérance données dans le tableau VIII de la CEI 34-1.

4) Pour des appareils conventionnels de mesure (voir CEI 51), la précision est spécifiée pour la fréquence nominale (par exemple 0,2 % pour 40..60 Hz), et une erreur supplémentaire de la classe de précision est tolérée pour une fréquence spécifiée supérieure (par exemple 0,4 % à 1000 Hz). Pour les appareils de mesure électroniques, une bande de fréquences, correspondant à la plus grande fréquence spécifiée, est habituellement indiquée. La précision est donnée à la fois pour 50 Hz ou 60 Hz et pour la plus grande fréquence spécifiée. Par la suite, cette fréquence sera appelée bande passante de l'appareil.