

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
60279**

Première édition
First edition
1969-01

**Mesure de la résistance des enroulements d'une
machine à courant alternatif en fonctionnement
sous tension alternative**

**Measurement of the winding resistance of an a.c.
machine during operation at alternating voltage**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60279: 1969

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} 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.

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC**

60279

Première édition
First edition
1969-01

**Mesure de la résistance des enroulements d'une
machine à courant alternatif en fonctionnement
sous tension alternative**

**Measurement of the winding resistance of an a.c.
machine during operation at alternating voltage**

© IEC 1969 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 photo-
copie 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://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*

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MESURE DE LA RÉSISTANCE DES ENROULEMENTS
D'UNE MACHINE A COURANT ALTERNATIF
EN FONCTIONNEMENT SOUS TENSION ALTERNATIVE**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Etudes N° 2 de la C E I: Machines tournantes.

Les travaux furent commencés en 1964 et un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Tokyo en 1965. Un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1966.

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

Afrique du Sud	Israël
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Autriche	Royaume-Uni
Belgique	Suède
Corée (République de)	Suisse
Danemark	Tchécoslovaquie
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Finlande	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
France	Yougoslavie

Les méthodes de mesure comprises dans le présent rapport ne constituent pas des recommandations.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MEASUREMENT OF THE WINDING RESISTANCE
OF AN A.C. MACHINE
DURING OPERATION AT ALTERNATING VOLTAGE**

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 this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Report has been prepared by IEC Technical Committee No. 2, Rotating Machinery.

Work was commenced in 1964 and a first draft was discussed at the meeting held in Tokyo in 1965. A final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1966.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Korea (Republic of)
Austria	Netherlands
Belgium	South Africa
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Finland	Turkey
France	Union of Soviet Socialist Republics
Germany	United Kingdom
Israel	United States of America
Japan	Yugoslavia

The methods of measurement contained in the present Report are not recommendations.

MESURE DE LA RÉSISTANCE DES ENROULEMENTS D'UNE MACHINE A COURANT ALTERNATIF EN FONCTIONNEMENT SOUS TENSION ALTERNATIVE

INTRODUCTION

Cette méthode qui permet d'effectuer les mesures de résistance des enroulements sans interrompre l'essai en charge, et donc sans être obligé d'avoir recours à des extrapolations, est applicable aux machines de toute puissance, à basse et à haute tension.

Les méthodes de mesure décrites dans le présent rapport ne sont que des méthodes types et le rapport n'a pour objet qu'une application expérimentale en vue de recueillir les données de l'expérience. Il sera donc nécessaire de s'assurer que les différentes méthodes donnent des résultats précis et compatibles entre eux.

Les valeurs de température obtenues par les méthodes décrites dans ce rapport peuvent être dans de nombreux cas supérieures de 5 °C à 25 °C à celles obtenues par les méthodes normales existantes. Il ne sera pas possible en conséquence d'appliquer les méthodes de ce rapport concurremment avec la Publication 34-1 de la CEI: Machines électriques tournantes, Première partie: Valeurs nominales et caractéristiques de fonctionnement. Au cours de la période d'application expérimentale de cette méthode de mesure des températures il sera donc nécessaire de déterminer les échauffements qui peuvent être admis.

1. Principe de la méthode

En appliquant une tension continue aux enroulements d'une machine à courant alternatif en charge, on superpose au courant alternatif une composante à courant continu, et on peut, au moyen de réactances, séparer les composantes continues et alternatives.

La mesure de la résistance des enroulements à partir du courant continu peut être réalisée soit par la méthode volt-ampèremétrique, soit au moyen d'un pont de mesure. Le choix de la méthode et du montage à employer dépend de la puissance et de la tension de la machine, du mode de connexion de ses enroulements ainsi que du mode de réalisation de l'essai d'échauffement.

Pour chacune de ces méthodes on n'a retenu dans un but de normalisation que les schémas les plus généralement utilisés, mais il est évident que de nombreuses variantes à ces schémas sont possibles.

Il n'a pas été considéré comme entrant dans le cadre du présent rapport de donner les schémas applicables à des machines spéciales, par exemple les alternateurs à haute fréquence.

Notes 1. – En général, la méthode volt-ampèremétrique est préférée pour les machines à haute tension à cause de sa simplicité bien que la méthode du pont permette une plus grande précision.

2. – La valeur du courant continu superposé doit être assez faible, et son temps de circulation assez court pour ne pas avoir d'influence sur l'échauffement des enroulements. S'il ne pouvait en être ainsi, il y aurait lieu de déterminer par le calcul ou par un essai la valeur de la correction éventuelle à appliquer.

On considérera en pratique qu'il n'y a pas lieu à correction si le courant continu superposé ne dépasse pas 5 % du courant alternatif de charge, et s'il ne circule pas plus de 5 min. En fait, pour les mesures sur des machines à haute tension, la méthode décrite permet d'opérer avec des valeurs du courant continu beaucoup plus faible, inférieures même à 1 % du courant de charge, la valeur minimale de la tension continue mesurée aux bornes de l'enroulement et du shunt devant être de l'ordre de 10 mV.

3. – Les mesures des résistances à froid et en charge doivent être effectuées par la même méthode et à l'aide des mêmes appareils.

MEASUREMENT OF THE WINDING RESISTANCE OF AN A.C. MACHINE DURING OPERATION AT ALTERNATING VOLTAGE

INTRODUCTION

This method, which allows the measurement of winding resistances to be made without interrupting the on-load test and, therefore, without having to make extrapolations, is applicable to low-voltage or high-voltage machines of any power rating.

The methods of measurement contained in this Report are typical only, and the Report is intended solely for experimental use with a view to gaining experience. For this reason, it will be necessary to establish the accuracy and consistency of the various methods.

The values of temperature obtained by the methods contained in this Report may in many cases be from 5 °C to 25 °C higher than those obtained by existing standard methods. It will, therefore, not be practicable to employ the methods of measurement contained in this Report in conjunction with IEC Publication 34-1, Rotating Electrical Machines, Part 1: Rating and Performance. During experimental use of this method of measuring temperature, it will also, therefore, be necessary to establish what temperature rises can be permitted.

1. Principle of the method

By applying a d.c. voltage across the windings of an a.c. machine on load, a component of direct current is superimposed on the alternating current, and by passing this through a reactance the d.c. and a.c. components can be separated.

Measurement of the winding resistance can be performed using direct current either in a bridge circuit or by the volt-ampere method. The choice of the method of measurement, and the actual circuit used, depend on the size and voltage of the machine involved, the connections of its windings and the type of heat run being performed.

For each of these methods, only the more commonly accepted diagrams have been retained in the interest of standardization, but it is obvious that a number of alternatives are possible.

It is considered that the arrangements for special machines, e.g., high-frequency a.c. generators, do not fall within the scope of this Report.

Notes 1. – The volt-ampere method is generally preferred for high-voltage machines on account of its simplicity, yet a higher accuracy may be obtained with the bridge method.

2. – The value of the superimposed direct current should be sufficiently low and its time of flowing sufficiently short to prevent any influence on the temperature rise of the windings. If not, the possible correction to be applied should be obtained by computation or by a test.

It is assumed that, in practice, no correction is to be made if the superimposed direct current does not exceed 5% of the alternating load current and if it does not flow for more than 5 min. In fact, for measurements on high-voltage machines, the described method may be applied with much lower direct current, even lower than 1% of the load current, the minimum value of the d.c. voltage measured at the winding and shunt terminals being about 10 mV.

3. – The resistance measurements, when cold, and during the on-load test, should be made by the same method, and using the same apparatus.

2. Méthode volt-ampèremétrique

On injecte dans l'enroulement, par exemple au moyen d'une batterie d'accumulateurs, un courant continu superposé au courant de charge et on mesure :

- l'intensité du courant continu superposé parcourant l'enroulement ;
- la chute de tension aux bornes de cet enroulement dû au courant continu superposé.

Cette méthode est applicable à tous les modes de connexion des enroulements (étoile neutre sorti ou non sorti, triangle), mais le schéma à réaliser varie suivant ce mode de connexion.

Trois schémas sont donnés à titre d'exemple :

La figure 1, page 18, donne les détails du montage utilisé pour la mesure, au cours de l'essai en charge, de l'échauffement d'un enroulement connecté en étoile avec neutre sorti.

La figure 2, page 18, donne le schéma de principe à utiliser pour la même machine essayée en court-circuit.

La figure 3, page 19, enfin, indique le schéma de principe à utiliser pour un enroulement en étoile à neutre non sorti. De ce schéma on déduira facilement le montage à appliquer pour un enroulement en triangle.

Dans le cas d'enroulement en étoile à neutre sorti, l'injection du courant continu se fait par le neutre, et il est nécessaire de disposer également d'un point neutre de retour qui, dans le cas d'un essai en charge, sera par exemple celui de l'enroulement statorique d'une autre machine ou de l'enroulement en parallèle de la machine en essai si celle-ci comporte deux voies d'enroulement en parallèle, le point neutre du transformateur principal ou encore celui d'un transformateur auxiliaire ou de bobines de réactance zig-zag, et dans le cas d'un essai en court-circuit, la connexion de court-circuit des bornes de phases.

Dans le cas d'un enroulement à neutre non sorti (figure 3), l'injection du courant continu se fait entre une phase et la borne correspondante d'une inductance triphasée. En pratique, la résistance d'un réseau étant très faible par rapport à celle de l'enroulement en essai, il faut empêcher le courant continu de se refermer par le réseau. Pour cela, on insère entre les points d'injection du courant continu et le réseau des condensateurs ou des résistances. Dans le schéma de la figure 3, on a figuré une résistance sur chaque phase, mais on peut, en pratique, se contenter d'une seule résistance montée sur la phase en essai. Sa valeur sera choisie du même ordre de grandeur que celle de l'enroulement.

Ces condensateurs ou résistances sont normalement court-circuités, les interrupteurs les court-circuitant ne sont ouverts que pendant les mesures.

2.1 Méthode de mesure

Les indications données ci-après correspondent essentiellement au cas d'un enroulement en étoile à neutre sorti (figure 1).

Le courant continu est mesuré aux bornes d'un shunt placé dans la connexion du neutre: il représente ainsi, à un facteur 3 près, la moyenne des courants injectés dans chacune des trois phases. La moyenne des tensions continues consommées dans les trois phases de l'enroulement est déduite de la lecture d'un micro-ampèremètre branché entre le neutre de l'enroulement et le neutre de trois impédances possédant des résistances égales r_a et montées en étoile aux bornes de sortie des enroulements. On peut utiliser à cet effet les primaires de transformateurs de tension, dont la grande réactance limite la circulation de courant alternatif dans les circuits de mesure de la tension continue.