

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Rotating electrical machines –

Part 15: Impulse voltage withstand levels of form-wound stator coils for rotating a.c. machines

Machines électriques tournantes –

Partie 15: Niveaux de tenue au choc électrique des bobines de stator préformées des machines tournantes à courant alternatif



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60034-15

Edition 3.0 2009-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Rotating electrical machines –

Part 15: Impulse voltage withstand levels of form-wound stator coils for rotating a.c. machines

Machines électriques tournantes –

Partie 15: Niveaux de tenue au choc électrique des bobines de stator préformées des machines tournantes à courant alternatif

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

M

ICS 29.160

ISBN 2-8318-1033-0

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Terms and definitions	6
3 Impulse voltage withstand levels	6
4 Sample tests	7
4.1 General.....	7
4.2 Impulse voltage withstand test of the interturn insulation	7
4.3 Lightning impulse voltage withstand test of the main insulation	8
4.4 Power-frequency voltage withstand test	8
5 Routine tests	8
5.1 Coils.....	8
5.2 Complete stators	8
Annex A (informative) Principles involved in the specification of impulse voltage withstand levels and test procedures	9
Annex B (informative) Testing details.....	10
Bibliography.....	12
Figure B.1 – Example of the test circuit for sample tests	10
Figure B.2 – Example of the test circuit for routine tests	11
Figure B.3 – Examples of the waveforms from undamaged and short-circuited coils tested directly connected in the stator core	11
Table 1 – Impulse voltage withstand levels for sample form-wound coils used in a.c. rotating machines	7

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

**Part 15: Impulse voltage withstand levels
of form-wound stator coils for rotating a.c. machines**

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 60034-15 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1995 and constitutes a technical revision. The principal technical changes are as follows.

- Change of title to clarify that it is form-wound coils that are being tested rather than machines.
- Removal of the limitation on voltage in the Scope.
- Additional definitions for consistency with IEC 60060-1.
- Reduction in tolerances for the risetime of the steep-fronted impulse voltage.
- Guidance on test levels for coils to be used in converter driven machines.
- Guidance on voltage levels for routine tests.
- Additional figures to show testing details and oscillograms of normal and faulty coils.

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

FDIS	Report on voting
2/1534/FDIS	2/1547/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.

NOTE A table of cross-references of all IEC TC 2 publications can be found on the IEC TC 2 dashboard 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.

INTRODUCTION

IEC 60071-1 specifies general requirements for the phase to earth insulation of equipment in three phase a.c. systems and states that each apparatus committee is responsible for specifying the insulation levels and test procedures for its equipment, taking into consideration the recommendations of IEC 60071-1. The object of IEC 60034-15 is to specify requirements for rotating electrical machines. Experience has shown that the values given in this standard meet the insulation requirements for the essential stresses in service. An explanation of the principles adopted in preparing these requirements is given in Annex A. This standard is not intended for soft-start machines.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 15: Impulse voltage withstand levels of form-wound stator coils for rotating a.c. machines

1 Scope

This part of IEC 60034 relates to a.c. machines incorporating form-wound stator coils. It specifies the test procedures and voltages to be applied to the main and interturn insulation of sample coils.

2 Terms and definitions

For the purposes of this document the following terms and definitions apply.

2.1

sample test

test carried out on coils in new condition which adequately represent the configuration of the finished item to be used in the machine for the purpose of evaluating the manufacturing procedures and processes incorporated in the insulation system

2.2

routine test

test carried out on all coils of the machine

2.3

form-wound stator coil

coil which is preformed to shape, insulated and substantially completed before insertion into the stator

2.4

front time

T_1

time for the impulse voltage to rise from 0 % to 100 % of the peak value and defined as 1,67 times the interval between the instants when the impulse is 30 % and 90 % of the peak value

2.5

time-to-half value

T_2

interval between the origin and the instant when the voltage has decreased to half the peak value

3 Impulse voltage withstand levels

Impulse voltage withstand levels for specific rated voltages shall be calculated in accordance with the formula given in Note 2 of Table 1. Table 1 gives the impulse voltage withstand levels for some common rated voltages rounded to the nearest whole number. The test levels for converter-fed machines depend upon how the rated voltage has been assigned by the manufacturer. It may be appropriate to increase the test levels by a factor to allow for the maximum overshoot which is likely to arise on the voltage at the machine terminals, as described in IEC 60034-18-42. This factor may be as high as 1,7 for a 3-level converter but lower if there are more levels.

Table 1 – Impulse voltage withstand levels for sample form-wound coils used in a.c. rotating machines

Rated voltage	Rated lightning-impulse voltage withstand (peak) (see Notes 1 and 2)	Rated steep-front-impulse voltage withstand (peak) (see Notes 3 and 4)
U_N	U_P	U'_P
kV	kV	kV
2,3	14	9
3	17	11
3,3	18	12
4	21	14
6	29	19
6,6	31	20
10	45	29
11	49	32
13,2	58	38
13,8	60	39
15	65	42

NOTE 1 The levels in Column 2 are based on a standard lightning impulse having a front time of $1,2 \mu\text{s} \pm 30 \%$, a time-to-half-value of $50 \mu\text{s} \pm 20 \%$ and a peak value of the impulse voltage $U_P \pm 3 \%$ as specified in IEC 60060-1.

NOTE 2 The levels in Column 2 are obtained by using the formula: $U_P = 4 U_N + 5 \text{ kV}$.

NOTE 3 The levels in Column 3 are based on an impulse having a front time of $0,2 \pm 0,1 \mu\text{s}$ up to 35 kV. Above 35 kV, the front time is $0,2 \mu\text{s}$ with a tolerance of $+0,3 \mu\text{s}/-0,1 \mu\text{s}$.

NOTE 4 The levels in Column 3 are obtained by application of the formula: $U'_P = 0,65 U_P$.

NOTE 5 The levels in Column 3 have been deemed appropriate for stresses related to circuit breaker operation that could occur in service. They may not be adequate for special operating conditions (e.g. interrupted start or direct connection to overhead lines). In such cases the windings should either be designed to withstand other impulse levels or be protected in an appropriate way.

4 Sample tests

4.1 General

These tests are carried out as an indirect proof of compliance as explained in Clause A.3 of Annex A. The test coils shall have completed their manufacturing process, including corona protection layer and stress grading if used, and shall be either embedded in earthed slots or fitted with the slot portion wrapped in earthed conducting tape or foil. The number of sample coils shall be at least two. Examples of test circuits for individual coils and for coils assembled in stators are shown in Clauses B.1 and B.2.

All sample coils shall withstand the electrical tests described below. In the case of a failure, the manufacturer shall investigate the cause. Failure in an impulse test may be detected from the shape of the signal seen on an oscilloscope. Examples of signals from normal and short-circuited coils are shown in Clause B.3.

4.2 Impulse voltage withstand test of the interturn insulation

The impulse test of the interturn insulation shall be carried out by applying a steep-fronted-impulse voltage between the two terminals of the sample coils (Table 1 Column 3).

The interturn test voltage shall be generated by the damped oscillatory discharge of a capacitor. The number of switching operations shall be at least five. The front time of the first voltage peak at the terminals of the sample coil shall be $0,2 \pm 0,1 \mu\text{s}$ up to a test voltage of 35 kV. For test voltages above 35 kV, the front time shall be $0,2 \mu\text{s}$ with a tolerance of $+0,3 \mu\text{s}/-0,1 \mu\text{s}$. The front time of the last voltage impulse applied during a test should be checked for compliance.

The voltage peak between the terminals of the sample coil shall have the values given in Table 1, Column 3, as appropriate, or the values obtained by application of the formula in Note 4 of Table 1. The tolerance on U_p is $\pm 3\%$.

4.3 Lightning impulse voltage withstand test of the main insulation

The impulse voltage test of the main insulation shall be carried out by applying a lightning-impulse voltage between the coil terminals and earth (Table 1 Column 2).

The main insulation test voltage shall be generated by an impulse generator applying an impulse voltage with a front time of $1,2\ \mu\text{s} \pm 30\%$ and a time-to-half value of $50\ \mu\text{s} \pm 20\%$ as specified in IEC 60060-1. The number of impulses shall be at least five and of the same polarity.

The voltage peaks between the coil terminals and earth shall be 100 % of the values given in Table 1, Column 2, or 100 % of the values obtained by application of the formula in Note 2 of Table 1. The tolerance on U_p is $\pm 3\%$.

4.4 Power-frequency voltage withstand test

A power-frequency voltage withstand test may be used instead of the lightning impulse voltage withstand test. In this case, a voltage of $(2 U_N + 1\ \text{kV})$ shall be applied for 1 min between coil terminals and earth. The applied voltage shall then be increased at the rate of 1 kV/s up to $2 (2 U_N + 1\ \text{kV})$, and then immediately be reduced at a rate of at least 1 kV/s to zero. There shall be no voltage breakdown during the sequence. The corresponding impulse voltage withstand level of the main insulation and the overhang corona protection are then considered to fulfill at least the requirements of Table 1 Column 2.

NOTE 1 The rated impulse levels in Table 1, Columns 2 and 3, are lower than the peak value $2\sqrt{2} (2 U_N + 1\ \text{kV})$ derived from this test, because the impulse level of a machine is determined by the interturn voltage due to longitudinal voltage distribution (see Clause A.1). The purpose of the higher a.c. test level is to produce a voltage gradient in the region just beyond the slot exit as near as possible to that obtained by the impulse test.

NOTE 2 In some countries, it is common practice to apply a d.c. test voltage instead of the power-frequency voltage specified above. This is permitted by this standard when agreed between the manufacturer and the purchaser. It is recommended that the d.c. voltage should be at least as high as 1,7 times the 1 min power-frequency test voltage, in accordance with Table 16 of IEC 60034-1.

5 Routine tests

5.1 Coils

Routine tests may be performed on coils after insertion in the stator core but before processing and making the connections. In this condition, the insulation does not have the electrical withstand capability of fully processed coils and generally an impulse test (Table 1 Column 3) is performed at a reduced voltage. The steep front impulse test should be used and, as a guide, the test level may be typically 40 % to 80 % of the value shown in Table 1 Column 3. The precise test level is dependent upon the insulation technology used.

5.2 Complete stators

Interturn impulse testing of complete windings is not recommended due to the difficulty of detecting an interturn failure.

Annex A (informative)

Principles involved in the specification of impulse voltage withstand levels and test procedures

A.1 Impulse voltage stress of a machine winding

When a short rise time voltage surge occurs between one machine terminal and earth, the corresponding phase cannot instantaneously adopt the same potential at all points. As a result, two types of voltages arise in the winding, namely, the voltage between the conductor and earth (transverse voltage) and the voltage along the conductor (longitudinal voltage).

Whilst the transverse voltage stresses the main wall insulation, the longitudinal voltage also stresses the interturn insulation. The highest voltage components of both kinds normally appear on the first or last coil of the winding. In practice, voltage surges can be of various shapes and may have rise times down to 0,1 μ s.

A.2 Impulse voltage withstand level of a machine winding

A machine winding should have a defined impulse voltage withstand level within the system of insulation co-ordination. The impulse voltage withstand levels specified in Column 3 of Table 1 are based on the formula

$$U_p' = 0,65 (4 U_N + 5) \text{ kV}$$

A.3 Indirect proof of impulse voltage withstand levels by sample tests on coils

The impulse voltage withstand level of a complete machine winding can be proved indirectly by tests on a sample coil, based on the principle that the sample coil during this sample test should be stressed, as near as practicable, in the same manner as that coil (or those coils) within the complete winding with the maximum stresses between turns and/or to ground, i.e. normally the first coil of the winding.

The maximum value of the transverse voltage (between conductor and earth) appearing on the line coil (and therefore on the coil used in the sample test) is equal to the peak value of the impulse voltage on the complete winding.

The peak value of the longitudinal voltage (along the conductor) appearing on the line coil varies widely due, at least, to the following factors:

- rise time t_s of the voltage impulse;
- conductor length of the line coil;
- number and arrangement of the turns.

The actual value may be investigated by applying a model impulse voltage with, for example, a few hundred volts peak on the terminal of the complete machine.

Corresponding investigations have been made in several countries and results have been published, but, as expected, no simple law has been found for pre-calculating this peak value from a given machine configuration.

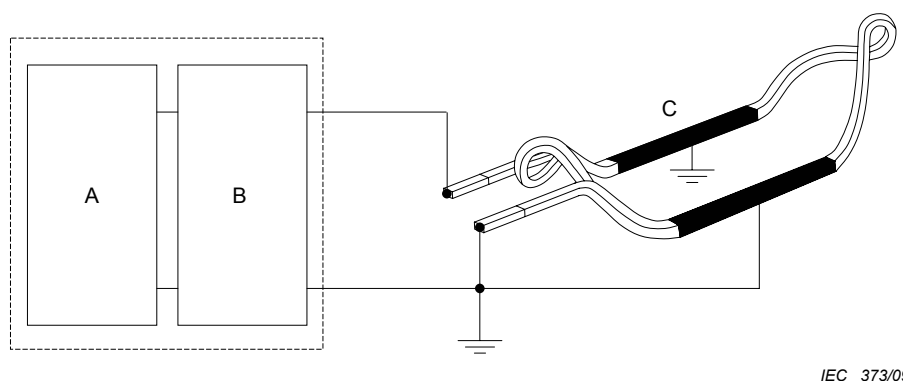
It is considered, therefore, that the three factors mentioned above are too complicated to be used as a basis for practical specifications.

Annex B (informative)

Testing details

B.1 Circuit details for impulse testing sample coils

A circuit for impulse testing sample coils is shown in Figure B.1. Several coils may be connected in parallel to enable simultaneous testing to be undertaken.



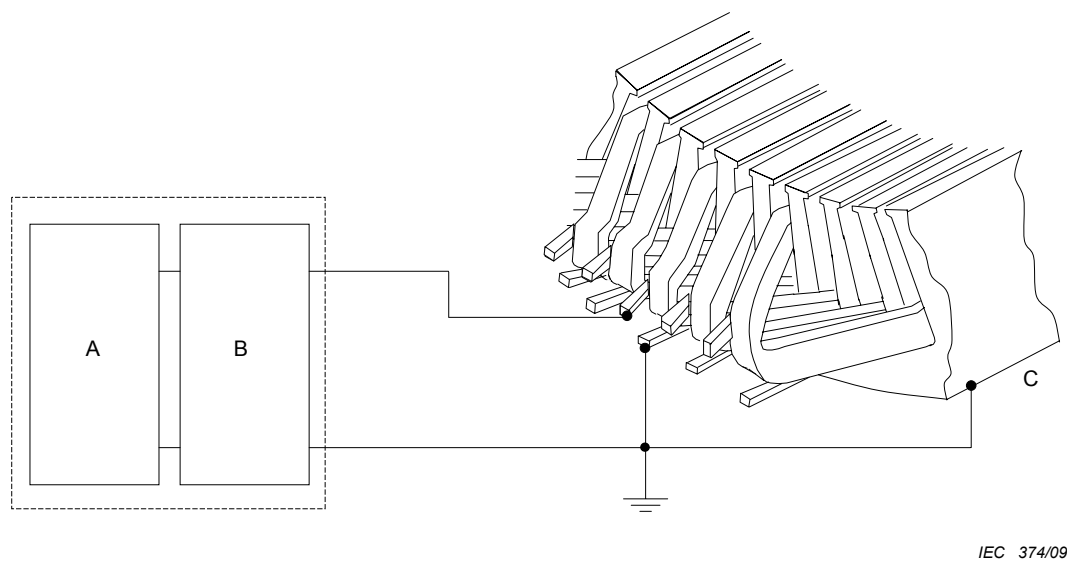
Key

- A Impulse generator
- B Voltage measuring unit
- C Sample coil wrapped with an earthed foil in each slot section

Figure B.1 – Example of the test circuit for sample tests

B.2 Example of the test circuit for routine tests (Figure B.2)

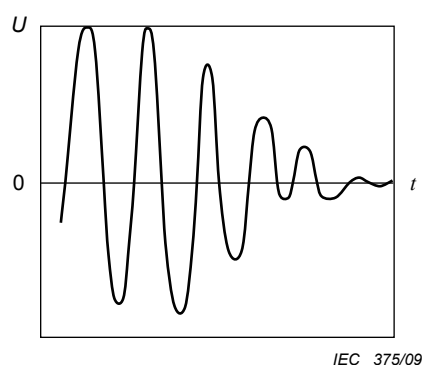
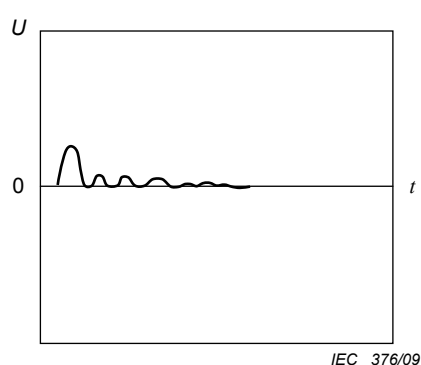
Only line side coils should be tested. Several coils may be tested simultaneously by applying voltages in parallel. Insulation sheets or caps may be inserted between terminals to avoid a flashover when testing coils. The test voltage should be reduced below that used for sample tests. In addition, before resin impregnation and cure, the test voltage should be reduced as described in 5.1.

**Key**

- A Impulse generator
- B Voltage measuring unit
- C Stator core

Figure B.2 – Example of the test circuit for routine tests**B.3 Oscillograms of normal and short-circuited coils**

Examples of the oscillograms obtained from normal and short-circuited coils during impulse tests on coils assembled in the stator are shown in Figure B.3 on the same scale. Other types of failure or degrees of severity may arise and result in a change to the wave shape which is less significant.

**Figure B.3a – Undamaged coil****Figure B.3b – Short-circuited coil****Figure B.3 – Examples of the waveforms from undamaged and short-circuited coils tested directly connected in the stator core**

Bibliography

The following documents are referred to informatively in the text of this Standard. The latest edition of the referenced document (including any amendment) applies.

IEC 60034-1, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC/TS 60034-18-42, *Rotating electrical machines – Part 18-42: Qualification and acceptance tests for partial discharge resistant electrical insulation systems (Type II) used in rotating electrical machines fed from voltage converters*

IEC 60060-1, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
INTRODUCTION	17
1 Domaine d'application	18
2 Termes et définitions	18
3 Niveaux de tenue à une tension de choc	18
4 Essai sur échantillon	19
4.1 Généralités	19
4.2 Essai de tenue au choc pour l'isolation entre spires	19
4.3 Essai de tenue au choc de foudre pour l'isolation principale	20
4.4 Essai de tenue en tension à fréquence industrielle	20
5 Essais individuels	20
5.1 Bobines	20
5.2 Stators terminés	21
Annexe A (informative) Principes mis en jeu dans la spécification des niveaux de tenue aux chocs électriques et les procédures d'essai	22
Annexe B (informative) Détails des essais	24
Bibliographie	26
Figure B.1 – Exemple de circuit d'essai pour des essais sur échantillon	24
Figure B.2 – Exemple de circuit d'essai pour les essais individuels	25
Figure B.3 – Exemples de forme d'onde de bobine normale et de bobine en court-circuit essayées en connexion directe dans le stator	25
Tableau 1 – Niveaux de tenue à une tension de choc pour des bobines préformées utilisées dans des machines électriques tournantes à courant alternatif	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

**Partie 15: Niveaux de tenue au choc électrique des bobines de stator
préformées des machines tournantes à courant alternatif**

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. Des organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales peuvent également participer à ces travaux en liaison avec la CEI. 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 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 60034-15 a été établie par le comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition publiée en 1995 et elle constitue une révision technique. Les principales modifications techniques sont les suivantes:

- Modification du titre afin de clarifier que ce sont les bobines préformées qui sont soumises aux essais et non les machines.
- Retrait des limitations en tension dans le domaine d'application.
- Définitions complémentaires pour être cohérent avec la CEI 60060-1.
- Réduction des tolérances du temps de front de la tension de choc à front raide.
- Recommandations pour les niveaux d'essai des bobines destinées aux machines alimentées par convertisseurs.
- Recommandations pour les niveaux de tension des essais individuels.

- Figures supplémentaires pour montrer des détails des essais et des oscillogrammes de bobines normales et de bobines défectueuses.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
2/1534/FDIS	2/1547/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.

NOTE Un tableau des correspondances de toutes les publications du comité d'études 2 de la CEI peut être trouvé sur le site web de la CEI, à la page d'accueil de ce comité.

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.

INTRODUCTION

La CEI 60071-1 spécifie les exigences générales pour l'isolation phase-terre du matériel dans les systèmes triphasés à courant alternatif et établit que chaque comité de produit est chargé de spécifier les niveaux d'isolation et les procédures d'essai pour son matériel, en prenant en considération les recommandations de la CEI 60071-1. L'objet de la CEI 60034-15 est de spécifier les exigences pour les machines électriques tournantes. L'expérience a montré que les valeurs données dans la présente norme sont conformes aux exigences d'isolation pour les principales contraintes en service. Une explication des principes adoptés lors de la préparation de ces exigences est donnée dans l'Annexe A. La présente norme n'est pas destinée aux machines à démarrage progressif.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 15: Niveaux de tenue au choc électrique des bobines de stator préformées des machines tournantes à courant alternatif

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60034 s'applique aux machines à courant alternatif comprenant des bobines de stator préformées. Elle spécifie les procédures d'essai et les tensions à appliquer à l'isolation principale et à l'isolation entre spires de bobines échantillons.

2 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1

essai sur échantillon

essai effectué sur des bobines à l'état neuf qui sont suffisamment représentatives de la configuration du produit fini destiné à une utilisation dans la machine, dans le but d'évaluer les procédures de fabrication et la mise en œuvre du système d'isolement

2.2

essai individuel

essai effectué sur toutes les bobines de la machine

2.3

bobine de stator préformée

bobine préformée aux dimensions, isolée et significativement terminée avant son insertion dans le stator

2.4

temps de front

T_1

durée virtuelle pendant laquelle l'impulsion de tension passe de 0 % à 100 % de la valeur crête et définie comme étant 1,67 fois le temps écoulé entre les instants auxquels l'impulsion est respectivement à 30 % et 90 % de la valeur crête

2.5

temps à mi-valeur

T_2

paramètre virtuel défini comme étant l'intervalle entre l'origine et l'instant où la tension a diminué de la moitié de la valeur crête

3 Niveaux de tenue à une tension de choc

Les niveaux de tenue à une tension de choc pour des tensions assignées doivent être obtenus par application des équations données dans la note 2 du Tableau 1. Le Tableau 1 donne les niveaux de tenue à une tension de choc pour des tensions assignées courantes arrondies au nombre entier le plus proche. Les niveaux d'essai pour les machines alimentées par convertisseurs dépendent de la façon dont la tension assignée a été définie. Il peut être pertinent d'accroître les niveaux d'essai d'un facteur autorisant le taux de dépassement maximal qui probablement apparaîtra sur la tension aux bornes de connexion de la machine, tel que décrit dans la CEI 60034-18-42. Ce facteur peut valoir jusqu'à 1,7 pour un convertisseur à 3 niveaux mais il peut être plus faible s'il y a plus de niveaux.

Tableau 1 – Niveaux de tenue à une tension de choc pour des bobines préformées utilisées dans des machines électriques tournantes à courant alternatif

Tension assignée	Tenue assignée à une tension de choc de foudre (valeur crête) (voir notes 1 et 2)	Tenue assignée à une tension de choc à front raide (valeur crête) (voir notes 3 et 4)
U_N	U_P	U'_P
kV	kV	kV
2,3	14	9
3	17	11
3,3	18	12
4	21	14
6	29	19
6,6	31	20
10	45	29
11	49	32
13,2	58	38
13,8	60	39
15	65	42

NOTE 1 Les niveaux dans la colonne 2 sont basés sur un choc de foudre normalisé d'un temps de front de $1,2 \mu s \pm 30 \%$ et un temps à mi-valeur de $50 \mu s \pm 20 \%$ et une valeur de crête de la tension de choc $U_P \pm 3 \%$ comme spécifié dans la CEI 60060-1.

NOTE 2 Les niveaux dans la colonne 2 sont obtenus en appliquant la formule: $U_P = 4 U_N + 5 \text{ kV}$.

NOTE 3 Les niveaux dans la colonne 3 sont basés sur une impulsion ayant un temps de front de $0,2 \mu s \pm 0,1 \mu s$ jusqu'à 35 kV. Au dessus de 35 kV, le temps de front est de $0,2 \mu s$ avec une tolérance de $+0,3 \mu s / -0,1 \mu s$.

NOTE 4 Les niveaux dans la colonne 3 sont obtenus en appliquant la formule: $U'_P = 0,65 U_P$.

NOTE 5 Les niveaux de la colonne 3 sont réputés être appropriés aux contraintes en exploitation liées au fonctionnement des disjoncteurs. Ils peuvent ne pas être adéquats dans des conditions spéciales de fonctionnement (par exemple, démarrage interrompu ou connexion directe à des lignes aériennes). Dans de tels cas, il convient que les enroulements soient conçus pour supporter d'autres niveaux de choc ou être protégés convenablement.

4 Essai sur échantillon

4.1 Généralités

Ces essais sont effectués comme démonstration indirecte de la conformité comme c'est expliqué à l'Article A.3. Les bobines d'essai doivent être complètement réalisées, y compris la couche de protection anti-effluves et le dispositif de répartition des contraintes si ces dispositifs sont prévus, et elles doivent être placées dans des encoches ou enveloppées de rubans ou de feuilles conductrices mis à la terre dans la partie correspondant à l'encoche. Le nombre de bobines échantillons doit être 2 au minimum. Des exemples de circuits d'essai pour des bobines individuelles et pour des bobines assemblées dans des stators sont donnés aux Articles B.1 et B.2.

Toutes les bobines d'essai doivent être conformes aux exigences des essais électriques données ci-dessous. Dans le cas de défaillance, des recherches doivent être menées par le constructeur pour en déterminer la cause. Une défaillance dans l'essai de choc peut être détectée à partir de la forme du signal vu sur un oscilloscope. Des exemples de signaux de bobines normales et de bobines en court-circuit sont donnés à l'Article B.3.

4.2 Essai de tenue au choc pour l'isolation entre spires

L'essai de choc de l'isolation entre spires doit être effectué en appliquant une tension de choc à front raide entre les deux extrémités des bobines échantillons (Tableau 1 colonne 3).

La tension d'essai entre spires doit être produite par la décharge oscillante d'un condensateur. Le nombre de décharges du condensateur doit être 5 au minimum. Le temps de front de la première crête de tension aux extrémités de la bobine échantillon doit être $0,2 \pm 0,1 \mu\text{s}$ pour une tension d'essai jusqu'à 35 kV. Au dessus de 35 kV, le temps de front doit être de $0,2 \mu\text{s}$ avec une tolérance de $+0,3 \mu\text{s} / -0,1 \mu\text{s}$. Il convient que la conformité à la spécification soit contrôlée pour le temps de front de la dernière impulsion de tension appliquée pendant l'essai.

La tension crête entre les connexions de la bobine échantillon doit être égale à la valeur appropriée donnée dans le Tableau 1, colonne 3, ou à la valeur obtenue par la formule de la note 4 du Tableau 1. La tolérance pour U'_p est $\pm 3 \%$.

4.3 Essai de tenue au choc de foudre pour l'isolation principale

L'essai de choc sur l'isolation principale doit être effectué en appliquant une tension entre les extrémités de la bobine et la terre (Tableau 1 colonne 2).

La tension d'essai de l'isolation principale doit être produite par un générateur d'impulsions appliquant une tension de choc ayant un temps de front de $1,2 \mu\text{s} \pm 30 \%$ et un temps à mi-valeur de $50 \mu\text{s} \pm 20 \%$ comme spécifié dans la CEI 60060-1. Le nombre d'impulsions doit être de 5 au minimum et elles doivent être de même polarité.

La valeur crête de la tension entre les extrémités de la bobine et la terre doit être égale à 100 % de la valeur appropriée donnée dans le Tableau 1, colonne 2 ou 100 % de la valeur obtenue par la formule dans la note 2 du Tableau 1. La tolérance pour U_p est $\pm 3 \%$.

4.4 Essai de tenue en tension à fréquence industrielle

L'essai de tenue en tension à fréquence industrielle peut remplacer l'essai de tenue au choc de foudre. Dans ce cas, une tension de $(2 U_N + 1 \text{ kV})$ doit être appliquée pendant 1 min entre les extrémités de la bobine et la terre. La tension appliquée doit alors croître au taux de 1 kV/s jusqu'à $2 (2 U_N + 1 \text{ kV})$, puis être immédiatement réduite au taux minimum de 1 kV/s jusqu'à zéro. Il ne doit y avoir aucune défaillance pendant la séquence. Le niveau correspondant de la tenue au choc de l'isolation principale et de la protection anti-effluves est alors considéré comme satisfaisant au moins aux exigences du Tableau 1, colonne 2.

NOTE 1 Les niveaux d'impulsion assignés dans le Tableau 1, colonnes 2 et 3, sont inférieurs à la valeur crête $2 \sqrt{2} (2 U_N + 1 \text{ kV})$ déduite de cet essai parce que le niveau de choc d'une machine est déterminé par la tension entre spires due à la répartition longitudinale de la tension (voir Article A.1). Le but du niveau supérieur de l'essai en courant alternatif est de produire, dans la zone immédiatement au-delà de la sortie d'encoche, un gradient de tension le plus proche possible de celui obtenu par l'essai de choc.

NOTE 2 Dans certains pays, il est d'usage courant d'appliquer une tension d'essai continue plutôt que la tension à la fréquence industrielle spécifiée ci-dessus. Ceci est admis par la présente norme quand il y a accord sur ce point entre le constructeur et l'acheteur. Il convient que le niveau de tension continue fasse partie d'un tel accord et il convient que sa valeur soit au moins 1,7 fois la tension minimale de l'essai à la fréquence industrielle, conformément au Tableau 16 de la CEI 60034-1.

5 Essais individuels

5.1 Bobines

Les essais individuels peuvent être effectués sur les bobines après insertion dans le stator, mais avant que les connexions soient réalisées. Dans cet état, l'isolation n'a pas l'aptitude à supporter la contrainte électrique comme des bobines complètement réalisées et généralement, un essai de choc (Tableau 1 colonne 3) est effectué à tension réduite. Il convient de mettre en œuvre un essai de choc à front raide et il est considéré comme adéquat que le niveau d'essai soit typiquement de l'ordre de 40 % à 80 % de la valeur donnée dans le Tableau 1, colonne 3. Le niveau d'essai précis est déterminé par le constructeur en se basant sur la technologie d'isolation utilisée.

5.2 Stators terminés

L'essai de choc entre spires des enroulements terminés n'est pas recommandé du fait de la difficulté de détecter les défaillances entre spires.

Annexe A (informative)

Principes mis en jeu dans la spécification des niveaux de tenue aux chocs électriques et les procédures d'essai

A.1 Contrainte résultant de l'essai de choc d'un enroulement de machine

Lorsqu'une surtension rapide se produit entre une borne de la machine et la terre, la phase correspondante ne peut pas avoir instantanément le même potentiel en tous points. En conséquence, deux types de tensions s'instaurent dans l'enroulement: la tension entre le conducteur et la terre (tension transversale) et la tension le long du conducteur (tension longitudinale).

Alors que la tension transversale exerce une contrainte sur l'isolation principale, la tension longitudinale exerce aussi une contrainte sur l'isolation entre spires. Les composantes de tension les plus élevées des deux types apparaissent normalement sur les première et dernière bobines de l'enroulement. En pratique, les surtensions peuvent être de formes variées et peuvent avoir des temps de front allant jusqu'à 0,1 μ s.

A.2 Niveau de tenue au choc d'un enroulement de machine

Il convient qu'un enroulement de machine ait un niveau de tenue de choc défini par rapport au système de coordination de l'isolement. Les niveaux de tenue au choc spécifiés dans le Tableau 1, colonne 3 sont basés sur la formule:

$$U_p' = 0,65 (4 U_N + 5) \text{ kV}$$

A.3 Démonstration indirecte des niveaux de tenue au choc par des essais sur des bobines échantillons

Le niveau de tenue au choc de l'enroulement terminé d'une machine peut être démontré indirectement par des essais sur une bobine échantillon, en se fondant sur le principe que la bobine échantillon peut pendant cet essai être soumise à des contraintes aussi proches que possible de celles appliquées sur la bobine (ou les bobines) dans l'enroulement terminé avec les contraintes maximales entre spires et/ou par rapport à la terre, c'est-à-dire celles que subit normalement la première bobine de l'enroulement.

La valeur crête de la tension transversale (entre conducteur et terre) qui apparaît sur la première bobine (et donc aussi sur la bobine utilisée dans l'essai sur échantillon) est égale à la valeur crête de la tension de choc sur l'enroulement terminé.

La valeur crête de la tension longitudinale (le long du conducteur) qui apparaît sur la première bobine varie largement du fait au moins des facteurs suivants:

- temps de front t_s de la tension de choc;
- longueur des connexions à la première bobine;
- nombre et disposition des spires.

La valeur réelle peut être recherchée en appliquant une tension de choc réduite, par exemple quelques centaines de volts crête, aux bornes de la machine terminée.

De telles recherches ont été faites dans plusieurs pays et les résultats ont été publiés, mais comme c'était prévisible, aucune loi simple n'a été trouvée pour calculer par avance cette valeur crête pour une configuration de machine donnée.

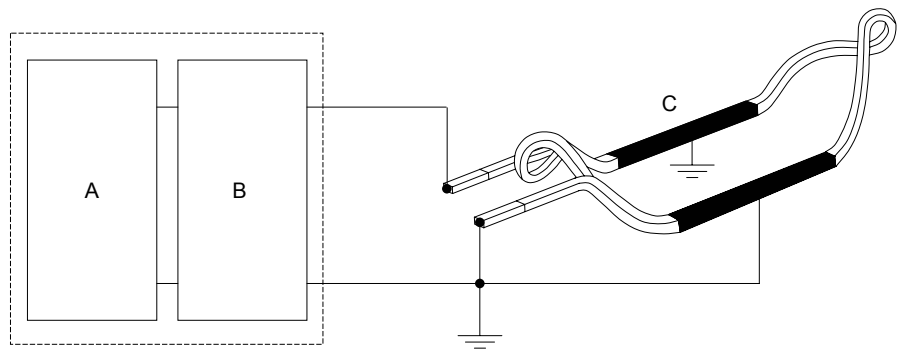
En conséquence, on estime que les trois facteurs mentionnés ci-dessus sont trop compliqués pour être utilisés comme base de spécifications pratiques.

Annexe B (informative)

Détails des essais

B.1 Détail du circuit pour l'essai de choc sur des bobines échantillons

Un circuit pour l'essai de choc sur des bobines échantillons est illustré en Figure B.1. Plusieurs bobines peuvent être connectées en parallèle pour permettre de mener un essai simultané.



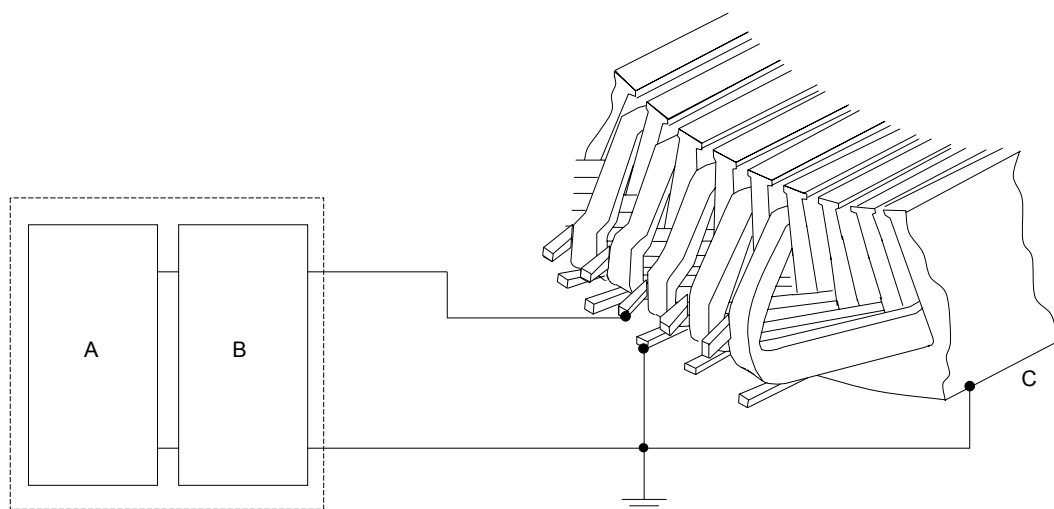
Légende

- A Générateur d'impulsions
- B Unité de mesure de tension
- C Bobine échantillon enveloppée dans une feuille conductrice dans chaque partie d'encoche

Figure B.1 – Exemple de circuit d'essai pour des essais sur échantillon

B.2 Exemple de circuit d'essai pour les essais individuels (Figure B.2)

Il convient de n'essayer que des bobines qui seront des premières bobines. Plusieurs bobines peuvent être essayées en appliquant les tensions en parallèle. Des feuilles ou des capuchons isolants peuvent être insérés pour éviter les arcs lors de l'essai des bobines. Il convient que la tension d'essai soit réduite au dessous de celle utilisée pour les essais sur échantillon. De plus, avant l'imprégnation par la résine et son traitement thermique, il convient de réduire la tension d'essai comme décrit en 5.1.



Légende

- A Générateur d'impulsions
- B Unité de mesure de la tension appliquée
- C Circuit magnétique du stator

Figure B.2 – Exemple de circuit d'essai pour les essais individuels

B.3 Oscillogrammes d'une bobine normale et d'une bobine en court-circuit

Des exemples d'oscillogrammes obtenus avec des bobines normales et des bobines en court-circuit pendant les essais de choc sur des bobines insérées dans le stator sont illustrés en Figure B.3. D'autres types de défaillance ou d'autres degrés de sévérité peuvent apparaître et conduire à une modification de la forme d'onde qui est moins significative.

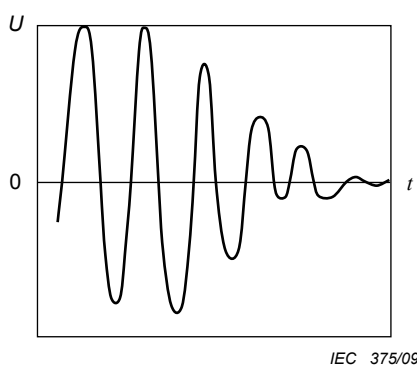


Figure B.3a – Bobine normale

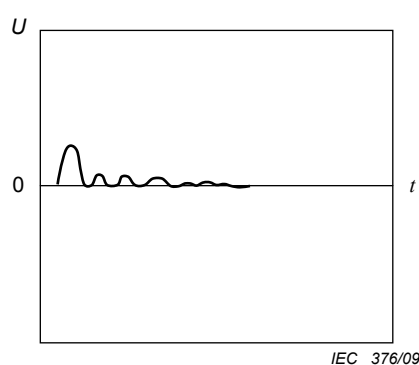


Figure B.3b – Bobine en court-circuit

Figure B.3 – Exemples de forme d'onde de bobine normale et de bobine en court-circuit essayées en connexion directe dans le stator

Bibliographie

Dans la présente norme, il est fait référence aux documents suivants uniquement pour information. La dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60034-1, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI/TS 60034-18-42, *Machines électriques tournantes – Partie 18-42: Essais de qualification et d'acceptation des systèmes d'isolation électrique résistants aux décharges partielles (Type II) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par convertisseurs de tension*

CEI 60060-1, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071-1, *Coordination de l'isolement – Partie 1: Définitions, principes et règles*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch