



IEC 60034-18-41

Edition 1.1 2019-06
CONSOLIDATED VERSION

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Rotating electrical machines –
Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in
rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and
quality control tests**

**Machines électriques tournantes –
Partie 18-41: Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I)
utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des
convertisseurs de tension – Essais de qualification et de contrôle qualité**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.160.01

ISBN 978-2-8322-7118-6

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Rotating electrical machines –
Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in
rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and
quality control tests**

**Machines électriques tournantes –
Partie 18-41: Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I)
utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des
convertisseurs de tension – Essais de qualification et de contrôle qualité**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 Machine terminal voltages arising from converter operation.....	13
5 Electrical stresses in the insulation system of machine windings	17
5.1 General.....	17
5.2 Voltages stressing the phase/phase insulation	18
5.3 Voltages stressing the phase/ground insulation.....	18
5.4 Voltages stressing the turn and strand insulation	18
5.5 Mechanisms of insulation degradation	19
6 Types of machine insulation	20
7 Stress categories for Type I insulation systems used in converter fed machines.....	20
8 Design qualification and type tests for Type I insulation systems	22
8.1 General.....	22
8.2 Design qualification test.....	22
8.3 Type test.....	22
9 Test equipment.....	22
9.1 PD measurement at power frequency.....	22
9.2 PD measurement during voltage impulses.....	22
9.3 Voltage impulse generators.....	23
9.4 Sensitivity	23
9.5 PD tests.....	23
9.5.1 Power frequency voltage	23
9.5.2 Impulse excitation.....	23
10 Qualification of the design of Type I insulation systems	23
10.1 General.....	23
10.2 Approach	24
10.2.1 General	24
10.2.2 Twisted pair or equivalent arrangement	24
10.2.3 Motorette (random wound) or formette (form-wound)	24
10.2.4 Complete windings	24
10.3 Preparation of test objects	25
10.3.1 General	25
10.3.2 Turn/turn insulation samples.....	25
10.3.3 Motorette/formette test samples or complete windings	25
10.4 Design qualification tests	26
10.4.1 General	26
10.4.2 Pre-diagnostic tests.....	26
10.4.3 Diagnostic tests.....	26
10.4.4 Ageing cycle.....	26
10.4.5 PD tests	26
10.5 Pass criterion for the design qualification test	27
11 Type test procedure for Type I insulation systems	27

11.1	General.....	27
11.2	Power frequency PD tests.....	27
11.3	Impulse PD tests.....	28
12	Routine tests	28
12.1	Optional PD test.....	28
12.2	Routine withstand voltage test	28
13	Analysis, reporting and classification	29
Annex A (informative) Derivation of possible terminal voltages in service for a converter-fed machine		30
A.1	Calculation of d.c. bus voltage	30
A.2	Calculation of maximum peak voltages for a 2-level converter	31
Annex B (normative) Derivation of test voltages for Type I insulation systems		33
B.1	Stress categories	33
B.2	Requirements for the applied impulse voltage	33
B.3	Enhancement factors for PD tests	34
B.4	Voltage for design qualification and type tests	36
B.5	Examples of maximum peak/peak operating voltages.....	38
B.6	Calculation of test voltages	38
Annex C (normative) Derivation of allowable voltages in service		41
C.1	Impulse voltage insulation class (IVIC) of the machine.....	41
C.2	Impulse voltage insulation class assigned in special designs	41
Annex D (informative) Derivation of routine withstand test voltages and an example for a 500 V rated machine		43
Bibliography.....		44
Figure 1 – Voltage impulse waveshape parameters		13
Figure 2 – Five step phase to phase voltage at the terminals of a machine fed by a 3-level converter		15
Figure 3 – Jump voltage (U_j) at the machine terminals associated with a converter drive		15
Figure 4 – Voltage enhancement at the terminals of a motor due to reflection as a function of cable length for various impulse rise times		17
Figure 5 – Example of a random wound design.....		18
Figure 6 – Example of a form-wound design		18
Figure 7 – Worst case voltage stressing the turn/turn insulation in a variety of random wound stators as a function of the rise time of the impulse		19
Figure A.1 – Circuit diagram for a converter/machine system.....		30
Figure B.1 – Forbidden zone (shaded) for impulse tests		34
Figure B.2 – Examples of test waveforms		34
Figure B.3 – Comparison of phase/phase, phase/ground, and turn/turn voltages for a 2-level converter.....		36
Figure B.4 – Impulse test voltage waveforms and the levels for applying the same peak/peak voltage of $2aU_j$ on the turn/turn insulation (schematic representation).....		37
Figure B.5 – Test voltages for phase/ground and turn/turn impulse tests using a unipolar impulse		40
Table 1 – Common ranges of characteristics of the terminal voltages of converter fed machines		14

Table 2 – Definition of symbols	14
Table 3 – Influence of features of the machine terminal voltage on components of Type I insulation systems	21
Table 4 – Stress categories for Type I insulation systems based on a 2-level converter	21
Table 5 – Allowable voltage waveforms for testing system components	25
Table A.1 – Examples of maximum peak voltages	32
Table B.1 – Summary of stress categories	33
Table B.2 – Summary of enhancement factors to be applied to the operating voltages	35
Table B.3 – Maximum peak/peak operating voltages related to U_{dc} for a 2-level converter according to the stress categories of Table 4	37
Table B.4 – Examples of maximum peak/peak operating voltage for a 500 V r.m.s. rated winding fed from a 2-level converter, according to the stress categories of Table 4.	38
Table B.5 – Examples of maximum peak/peak PD-test voltage for a 500 V rated winding fed, e.g. from a 2-level converter, according to the stress categories of Table 4 and with EF 1,25	39
Table B.6 – Turn/turn PD test levels for special windings and twisted pairs	40
Table C.1 – Maximum allowable operating voltage at the machine terminals in units of U_N	41
Table D.1 – Withstand test voltages according to IVIC for Type I insulation systems	43

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

**Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I)
used in rotating electrical machines fed from voltage converters –
Qualification and quality control tests**

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 60034-18-41 edition 1.1 contains the first edition (2014-03) [documents 2/1728/FDIS and 2/1738/RVD], its amendment 1 (2019-06) [documents 2/1949/FDIS and 2/1957/RVD] and its corrigendum (2020-12).

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 60034-18-41 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

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 in the IEC TC 2 dashboard on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability 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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

The approval of electrical insulation systems for use in rotating electrical machines driven from voltage converters is set out in two IEC documents. They divide the systems into those which are not expected to experience partial discharge activity within specified conditions in their service lives (Type I) and those which are expected to withstand partial discharge activity in any part of the insulation system throughout their service lives (Type II). For both Type I and Type II insulation systems, the drive system integrator (the person responsible for co-ordinating the electrical performance of the entire drive system) shall inform the machine manufacturer what voltage will appear at the machine terminals in service. The machine manufacturer will then decide upon the severity of the tests appropriate for qualifying the insulation system. The severity is based on the impulse rise time, the peak to peak voltage and, in the case of Type II systems, the impulse repetition rate. After installation of the converter/machine system, it is recommended that the drive system integrator measures the phase/phase and phase/ground voltages between the machine terminals and ground to check for compliance.

IEC 60034-18-41

The Type I systems are dealt with in this standard. They are generally used in rotating machines rated at 700 V r.m.s. or less and tend to have random wound windings. The procedures described here are directed at:

- Qualification of the insulation system.
- Type and routine testing of the complete windings of service machines.

Before undertaking any testing, the machine manufacturer shall decide upon the level of severity that the system will be required to withstand. The severity is based on how large the voltage overshoot and how short the impulse rise time will be at the machine terminals. The machine designer then makes a choice from a table in which the range of expected overshoot voltage is divided into bands. Testing is performed at the extreme value of each band. A default value of 0,3 μ s is attributed to the impulse rise time. Other values of impulse rise time or voltage overshoot are dealt with as special cases.

In qualification testing, the insulation system is used to construct various representative test objects. These are subjected to the range of tests described in IEC 60034-18-21 or IEC 60034-18-31 with the addition of a high frequency voltage test and a partial discharge test. For the latter, it may be necessary to use impulse test equipment, as described in IEC/TS 61934. If the test object is partial discharge free under the specified test conditions at the end of the sequence of testing, the insulation system is qualified for the severity band that has been selected.

Type and optional routine tests are performed on complete windings to demonstrate that they are partial discharge free under sinewave or impulse voltage conditions (as appropriate) for the band of severity that the manufacturer has chosen. An impulse voltage insulation class is then assigned to the machine. A mechanism is described for dealing with special cases.

IEC/TS 60034-18-42

The tests for qualification and acceptance of electrical insulation systems chosen for Type II rotating electrical machines are described in this technical specification. These insulation systems are generally used in rotating machines and tend to have form-wound coils, mostly rated above 700 V r.m.s. The qualification procedure is completely different from that used for Type I insulation systems and involves destructive ageing of insulated test objects under accelerated conditions. The rotating machine manufacturer requires a life curve for the insulation system that can be interpreted to provide an estimate of life under the service conditions with converter drive. Great importance is attached to the qualification of any stress grading system that is used and testing here should be performed under repetitive impulse conditions. If the insulation system can be shown to provide an acceptable life under the

appropriate ageing conditions, it is qualified for use. Acceptance testing is performed on coils made using this insulation system when subjected to a voltage endurance test.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and quality control tests

1 Scope

This part of IEC 60034 defines criteria for assessing the insulation system of stator/rotor windings which are subjected to voltage-source pulse-width-modulation (PWM) drives. It applies to stator/rotor windings of single or polyphase AC machines with insulation systems for converter operation.

It describes qualification tests and quality control (type and routine) tests on representative samples or on completed machines which verify fitness for operation with voltage source converters.

This standard does not apply to:

- rotating machines which are only started by converters;
- rotating electrical machines with rated voltage ≤ 300 V r.m.s.;
- rotor windings of rotating electrical machines operating at ≤ 200 V (peak).

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60034-18-1:2010, *Rotating electrical machines – Part 18-1: Functional evaluation of insulation systems – General guidelines*

IEC 60034-18-21, *Rotating electrical machines – Part 18-21: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for wire-wound windings – Thermal evaluation and classification*

IEC 60034-18-31, *Rotating electrical machines – Part 18-31: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Thermal evaluation and classification of insulation systems used in rotating machines*

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 converters¹*

IEC/TS 60034-25:2007, *Rotating electrical machines – Part 25: Guidance for the design and performance of a.c. motors specifically designed for converter supply*

¹ This TS is in the process of being transformed into an IS.

IEC/TS 60034-27, *Rotating electrical machines – Part 27: Off-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines*

IEC 60172, *Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled winding wires*

IEC 60664-1, *Insulation co-ordination for equipment within low voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC/TS 61800-8, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 8: Specification of voltage on the power interface*

IEC/TS 61934, *Electrical insulating materials and systems – Electrical measurement of partial discharges (PD) under short rise time and repetitive voltage impulses*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	49
INTRODUCTION	51
1 Domaine d'application	53
2 Références normatives	53
3 Termes et définitions	54
4 Tensions aux bornes de la machine provenant du fonctionnement d'un convertisseur	58
5 Contraintes électriques dans le système d'isolation des enroulements de machine.....	62
5.1 Généralités	62
5.2 Tensions exerçant une contrainte sur l'isolation entre phases	63
5.3 Tensions exerçant une contrainte sur l'isolation phase-terre	63
5.4 Tensions exerçant une contrainte sur l'isolation des spires et des torons	63
5.5 Mécanismes de dégradation de l'isolation	64
6 Types d'isolation des machines	65
7 Catégories de contraintes pour les systèmes d'isolation de Type I utilisés dans des machines alimentées par convertisseur	65
8 Essais de qualification de conception et de type pour les systèmes d'isolation de Type I	67
8.1 Généralités	67
8.2 Essai de qualification de la conception	67
8.3 Essai de type	67
9 Equipement d'essai	68
9.1 Mesure de la décharge partielle à la fréquence industrielle	68
9.2 Mesure de la décharge partielle sous impulsions de tension	68
9.3 Générateurs d'impulsions de tension	68
9.4 Sensibilité	69
9.5 Essais de décharges partielles	69
9.5.1 Tension à fréquence industrielle	69
9.5.2 Excitation de choc	69
10 Qualification de la conception pour des systèmes d'isolation de Type I	69
10.1 Généralités	69
10.2 Marche à suivre	69
10.2.1 Généralités	69
10.2.2 Paires torsadées ou dispositif équivalent	70
10.2.3 Motorette (à fils jetés) ou formette (préformée)	70
10.2.4 Enroulements complets	70
10.3 Préparation des objets en essai	71
10.3.1 Généralités	71
10.3.2 Échantillons d'isolation entre spires	71
10.3.3 Échantillons d'essai de motorette / formette ou enroulements complets	71
10.4 Essais de qualification de la conception	71
10.4.1 Généralités	71
10.4.2 Essais de prédiagnostic	72
10.4.3 Essais de diagnostic	72
10.4.4 Cycle de vieillissement	72

10.4.5	Essais de décharges partielles	72
10.5	Critère de réussite pour l'essai de qualification de la conception.....	73
11	Procédure d'essai de type pour des systèmes d'isolation de Type I.....	73
11.1	Généralités	73
11.2	Essais de décharges partielles à fréquence industrielle	74
11.3	Essais de DP de choc	74
12	Essais individuels de série	74
12.1	Essai de décharges partielles facultatif	74
12.2	Essai de tension de tenue individuel de série.....	75
13	Analyse, compte-rendu et classification	75
Annexe A (informative) Déduction des tensions en service possibles aux bornes pour une machine alimentée par convertisseur		76
A.1	Calcul de la tension de bus à courant continu	76
A.2	Calcul des tensions maximales de crête pour un convertisseur à deux niveaux	78
Annexe B (normative) Déduction des tensions d'essai pour les systèmes d'isolation de Type I		79
B.1	Catégories de contraintes	79
B.2	Exigences concernant la tension de choc appliquée.....	79
B.3	Facteurs d'augmentation pour les essais de DP	80
B.4	Tension pour les essais de qualification de la conception et de type	82
B.5	Exemples de tensions de fonctionnement entre crêtes maximales	84
B.6	Calcul des tensions d'essai.....	85
Annexe C (normative) Déduction des tensions admissibles en service.....		87
C.1	Classe d'isolation de la tension de choc (IVIC) de la machine	87
C.2	Classe d'isolation de la tension de choc attribuée dans des conceptions spéciales	87
Annexe D (informative) Calcul des tensions d'essai de tenue individuel de série et exemple d'une machine assignée de 500 V.....		89
Bibliographie.....		90
Figure 1 – Paramètres de la forme d'onde de l'impulsion de tension		57
Figure 2 – Tension entre phases à cinq paliers aux bornes d'une machine alimentée par un convertisseur à trois niveaux.....		59
Figure 3 – Saut de tension (U_j) aux bornes de la machine associée à un mécanisme d'entraînement convertisseur.....		60
Figure 4 – Augmentation de la tension aux bornes d'un moteur, due à la réflexion en fonction de la longueur du câble pour différents temps de montée de l'impulsion		61
Figure 5 – Exemple de conception à fils jetés		62
Figure 6 – Exemple de conception préformée		62
Figure 7 – Tension exerçant une contrainte sur l'isolation entre spires dans différents stators à enroulements à fils jetés en fonction du temps de montée de l'impulsion, dans le cas le plus défavorable.....		64
Figure A.1 – Schéma des circuits pour un système machine-convertisseur		76
Figure B.1 – Zone interdite (en grisé) pour des essais de choc		80
Figure B.2 – Exemples de formes d'onde d'essai		80
Figure B.3 – Comparaison entre tensions entre phases, phase-terre et entre spires pour un convertisseur à deux niveaux		82

Figure B.4 – Formes d’onde de la tension d’essai de choc et niveaux permettant d’appliquer la même tension entre crêtes de $2aU_j$ à l’isolation entre spires (représentation schématique).....	83
Figure B.5 – Tensions d’essai pour des essais de choc phase-terre et entre spires en utilisant une impulsion unipolaire	86
Tableau 1 – Plages habituelles des caractéristiques des tensions aux bornes des machines alimentées par convertisseur.....	58
Tableau 2 – Définition des symboles.....	58
Tableau 3 – Effet des caractéristiques de la tension aux bornes de la machine sur les composants des systèmes d’isolation de Type I.....	66
Tableau 4 – Catégories de contraintes pour des systèmes d’isolation de Type I liés à un convertisseur à deux niveaux.....	66
Tableau 5 – Formes d’onde de tension admissibles lors des essais sur des composants de système.....	71
Tableau A.1 – Exemples de tensions maximales de crête	78
Tableau B.1 – Résumé des catégories de contraintes.....	79
Tableau B.2 – Résumé des facteurs d’augmentation à appliquer aux tensions de fonctionnement.....	81
Tableau B.3 – Tensions de fonctionnement entre crêtes maximales liées à U_{dc} pour un convertisseur à deux niveaux selon les catégories de contraintes du Tableau 4.....	84
Tableau B.4 – Exemples de tension de fonctionnement entre crêtes maximale pour un enroulement assigné de 500 V efficaces, alimenté par un convertisseur à deux niveaux, selon les catégories de contraintes données au Tableau 4.....	84
Tableau B.5 – Exemples de tensions maximales d’essai de décharges partielles entre crêtes maximale pour un enroulement assigné de 500 V alimenté, par exemple, par un convertisseur à deux niveaux, selon les catégories de contrainte du Tableau 4 et avec un facteur EF 1,25	85
Tableau B.6 – Niveaux d’essai de DP entre spires pour des enroulements spéciaux et des paires torsadées.....	86
Tableau C.1 – Tension de fonctionnement maximale admissible aux bornes de la machine en unités de U_N	87
Tableau D.1 – Tensions d’essai de tenue selon les IVIC des systèmes d’isolation de Type I.....	89

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 18-41: Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des convertisseurs de tension – Essais de qualification et de contrôle qualité

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 60034-18-41 édition 1.1 contient la première édition (2014-03) [documents 2/1728/FDIS et 2/1738/RVD], son amendement 1 (2019-06) [documents 2/1949/FDIS et 2/1957/RVD] et son corrigendum (2020-12).

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60034-18-41 a été établie par le comité d'études 2 de l'IEC: Machines tournantes.

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

NOTE On peut trouver un tableau des renvois de toutes les publications TC 2 de l'IEC dans le tableau de bord TC 2 de l'IEC sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

L'approbation des systèmes d'isolation électrique à utiliser dans des machines électriques tournantes alimentées par convertisseurs de tension est présentée dans deux documents de l'IEC. Ceux-ci distinguent les systèmes qui ne sont pas supposés être soumis à une activité de décharges partielles dans les conditions spécifiées pendant la durée de leur service (Type I) et ceux qui sont supposés résister à une activité de décharges partielles dans une partie de leur système d'isolation pendant la durée de leur service (Type II). Pour les deux systèmes d'isolation, Type I et Type II, l'intégrateur du système d'entraînement (chargé de coordonner le rendement électrique de tout le système d'entraînement) doit informer le constructeur de la machine de la tension à laquelle les bornes de la machine sont soumises pendant le fonctionnement. Le constructeur de la machine décide ensuite quelle est la sévérité appropriée des essais pour qualifier le système d'isolation. La sévérité dépend du temps de montée de l'impulsion, de la tension crête à crête et, pour les systèmes de Type II, de la fréquence de répétition d'impulsion. Après que le système machine-convertisseur a été installé, il est recommandé que l'intégrateur du système d'entraînement mesure les tensions entre phases et phase-terre entre les bornes de la machine et la terre afin d'en vérifier la conformité.

IEC 60034-18-41

La présente norme traite des systèmes de Type I. Ils sont généralement utilisés dans des machines électriques tournantes dont la tension assignée est 700 V efficaces ou moins et qui ont souvent des enroulements à fils jetés. Les procédures décrites ici concernent:

- La qualification du système d'isolation.
- Les essais de type et individuels de série des enroulements complets dans des machines de service.

Avant de réaliser un essai, le constructeur de la machine doit décider à quel niveau de sévérité le système est tenu de résister. La sévérité dépend de l'intensité de la surtension et de la vitesse de montée de l'impulsion aux bornes de la machine. Le concepteur de la machine fait ensuite un choix à partir d'un tableau dans lequel la plage de la surtension escomptée est divisée en bandes. L'essai est réalisé à la valeur extrême de chaque bande. Une valeur par défaut de 0,3 μ s est attribuée au temps de montée de l'impulsion. D'autres valeurs pour le temps de montée de l'impulsion ou pour la surtension sont utilisées dans des cas particuliers.

Dans les essais de qualification, le système d'isolation est utilisé pour élaborer différents objets d'essai représentatifs. Ils sont soumis à la série d'essais décrits dans l'IEC 60034-18-21 ou l'IEC 60034-18-31, en ajoutant un essai de tension à haute fréquence et un essai de décharges partielles. Pour ce dernier, il peut être nécessaire d'utiliser un équipement d'essai d'impulsion comme le décrit l'IEC/TS 61934. Si à la fin de la série d'essais l'objet en essai est exempt de décharges partielles dans les conditions d'essai spécifiées, le système d'isolation est qualifié pour la bande de sévérité qui a été choisie.

Les essais facultatifs de type et individuels de série sont réalisés sur des enroulements complets pour prouver qu'ils sont exempts de décharges partielles dans des conditions de tension à ondes sinusoïdales ou de tension de choc (le cas échéant) pour la bande de sévérité choisie par le constructeur. Une classe d'isolation de la tension de choc est ensuite assignée à la machine. Une marche à suivre est décrite pour les cas spéciaux.

IEC/TS 60034-18-42

Cette spécification technique décrit les essais destinés à qualifier et à accepter des systèmes d'isolation électrique pour des machines électriques tournantes de Type II. Ces systèmes d'isolation sont en général utilisés dans des machines tournantes, ils ont souvent des bobines préformées dont la tension assignée est la plupart du temps supérieure à 700 V efficaces. La procédure de qualification est tout à fait différente de celle utilisée pour les systèmes

d'isolation de Type I, elle implique un vieillissement destructif des objets d'essai isolés, dans des conditions accélérées. Le constructeur de la machine tournante a besoin, pour le système d'isolation, d'une courbe de vie qui puisse être interprétée afin d'estimer la durée de vie dans des conditions de fonctionnement piloté par convertisseur. Une grande importance est accordée à la qualification de tous les systèmes de répartition de contrainte qui sont utilisés, il convient de réaliser les essais dans des conditions d'impulsions répétées. Le système d'isolation est qualifié pour l'utilisation si une durée de vie acceptable dans les conditions appropriées de vieillissement peut être mise en évidence. Les essais d'acceptation sont réalisés sur des bobines qui sont fabriquées à l'aide de ce système d'isolation et soumises à un essai d'endurance sous tension.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 18-41: Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des convertisseurs de tension – Essais de qualification et de contrôle qualité

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60034 définit des critères pour évaluer le système d'isolation dans des enroulements de stator / de rotor liés à des entraînements à modulation de largeur d'impulsion (PWM) due à la tension. Elle s'applique à des enroulements de stator / de rotor dans des machines à CA monophasés ou polyphasés comportant des systèmes d'isolation pour le fonctionnement du convertisseur.

Elle décrit les essais de qualification et les essais de contrôle qualité (essais de type et individuels de série) sur des échantillons représentatifs ou sur des machines finies pour vérifier qu'ils sont en mesure de fonctionner avec des convertisseurs de source de tension.

Cette norme ne s'applique pas:

- aux machines tournantes seulement démarrées par des convertisseurs;
- aux machines électriques tournantes dont la tension assignée est ≤ 300 V efficaces;
- à des enroulements de rotor dans des machines électriques tournantes qui fonctionnent à ≤ 200 V (crête).

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

IEC 60034-18-1:2010, *Machines électriques tournantes – Partie 18-1: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Principes directeurs généraux*

IEC 60034-18-21, *Machines électriques tournantes – Partie 18-21: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements à fils – Evaluation thermique et classification*

IEC 60034-18-31, *Machines électriques tournantes – Partie 18-31: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation thermique et classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines tournantes*

IEC/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*¹

¹ Cette Spécification Technique est en train d'être transformée en Norme internationale.

IEC/TS 60034-25:2007, *Rotating electrical machines – Part 25: Guidance for the design and performance of a.c. motors specifically designed for converter supply* (disponible en anglais seulement)

IEC/TS 60034-27, *Rotating electrical machines – Part 27: Off-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines* (disponible en anglais seulement)

IEC 60172, *Méthode d'essai pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage émaillés*

IEC 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC/TS 61800-8, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 8: Specification of voltage on the power interface* (disponible en anglais seulement)

IEC/TS 61934, *Electrical insulating materials and systems – Electrical measurement of partial discharges (PD) under short rise time and repetitive voltage impulses* (disponible en anglais seulement)

FINAL VERSION

VERSION FINALE

**Rotating electrical machines –
Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in
rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and
quality control tests**

**Machines électriques tournantes –
Partie 18-41: Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I)
utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des
convertisseurs de tension – Essais de qualification et de contrôle qualité**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 Machine terminal voltages arising from converter operation.....	13
5 Electrical stresses in the insulation system of machine windings	17
5.1 General.....	17
5.2 Voltages stressing the phase/phase insulation	18
5.3 Voltages stressing the phase/ground insulation.....	18
5.4 Voltages stressing the turn and strand insulation	18
5.5 Mechanisms of insulation degradation	19
6 Types of machine insulation	20
7 Stress categories for Type I insulation systems used in converter fed machines.....	20
8 Design qualification and type tests for Type I insulation systems	22
8.1 General.....	22
8.2 Design qualification test.....	22
8.3 Type test.....	22
9 Test equipment.....	22
9.1 PD measurement at power frequency.....	22
9.2 PD measurement during voltage impulses.....	22
9.3 Voltage impulse generators.....	23
9.4 Sensitivity	23
9.5 PD tests.....	23
9.5.1 Power frequency voltage	23
9.5.2 Impulse excitation.....	23
10 Qualification of the design of Type I insulation systems	23
10.1 General.....	23
10.2 Approach	24
10.2.1 General	24
10.2.2 Twisted pair or equivalent arrangement	24
10.2.3 Motorette (random wound) or formette (form-wound)	24
10.2.4 Complete windings	24
10.3 Preparation of test objects	25
10.3.1 General	25
10.3.2 Turn/turn insulation samples.....	25
10.3.3 Motorette/formette test samples or complete windings	25
10.4 Design qualification tests	26
10.4.1 General	26
10.4.2 Pre-diagnostic tests.....	26
10.4.3 Diagnostic tests.....	26
10.4.4 Ageing cycle.....	26
10.4.5 PD tests	26
10.5 Pass criterion for the design qualification test	27
11 Type test procedure for Type I insulation systems	27

11.1	General.....	27
11.2	Power frequency PD tests.....	27
11.3	Impulse PD tests.....	28
12	Routine tests	28
12.1	Optional PD test.....	28
12.2	Routine withstand voltage test	28
13	Analysis, reporting and classification	29
Annex A (informative) Derivation of possible terminal voltages in service for a converter-fed machine		30
A.1	Calculation of d.c. bus voltage	30
A.2	Calculation of maximum peak voltages for a 2-level converter	31
Annex B (normative) Derivation of test voltages for Type I insulation systems		33
B.1	Stress categories	33
B.2	Requirements for the applied impulse voltage	33
B.3	Enhancement factors for PD tests	34
B.4	Voltage for design qualification and type tests	36
B.5	Examples of maximum peak/peak operating voltages.....	38
B.6	Calculation of test voltages	38
Annex C (normative) Derivation of allowable voltages in service.....		41
C.1	Impulse voltage insulation class (IVIC) of the machine.....	41
C.2	Impulse voltage insulation class assigned in special designs	41
Annex D (informative) Derivation of routine withstand test voltages and an example for a 500 V rated machine		43
Bibliography.....		44
Figure 1 – Voltage impulse waveshape parameters		13
Figure 2 – Five step phase to phase voltage at the terminals of a machine fed by a 3-level converter		15
Figure 3 – Jump voltage (U_j) at the machine terminals associated with a converter drive		15
Figure 4 – Voltage enhancement at the terminals of a motor due to reflection as a function of cable length for various impulse rise times		17
Figure 5 – Example of a random wound design.....		18
Figure 6 – Example of a form-wound design		18
Figure 7 – Worst case voltage stressing the turn/turn insulation in a variety of random wound stators as a function of the rise time of the impulse		19
Figure A.1 – Circuit diagram for a converter/machine system.....		30
Figure B.1 – Forbidden zone (shaded) for impulse tests		34
Figure B.2 – Examples of test waveforms		34
Figure B.3 – Comparison of phase/phase, phase/ground, and turn/turn voltages for a 2-level converter.....		36
Figure B.4 – Impulse test voltage waveforms and the levels for applying the same peak/peak voltage of $2aU_j$ on the turn/turn insulation (schematic representation).....		37
Figure B.5 – Test voltages for phase/ground and turn/turn impulse tests using a unipolar impulse		39
Table 1 – Common ranges of characteristics of the terminal voltages of converter fed machines		14

Table 2 – Definition of symbols	14
Table 3 – Influence of features of the machine terminal voltage on components of Type I insulation systems	21
Table 4 – Stress categories for Type I insulation systems based on a 2-level converter	21
Table 5 – Allowable voltage waveforms for testing system components	25
Table A.1 – Examples of maximum peak voltages	32
Table B.1 – Summary of stress categories	33
Table B.2 – Summary of enhancement factors to be applied to the operating voltages	35
Table B.3 – Maximum peak/peak operating voltages related to U_{dc} for a 2-level converter according to the stress categories of Table 4	37
Table B.4 – Examples of maximum peak/peak operating voltage for a 500 V r.m.s. rated winding fed from a 2-level converter, according to the stress categories of Table 4.	38
Table B.5 – Examples of maximum peak/peak PD-test voltage for a 500 V rated winding fed, e.g. from a 2-level converter, according to the stress categories of Table 4 and with EF 1,25	39
Table B.6 – Turn/turn PD test levels for special windings and twisted pairs	40
Table C.1 – Maximum allowable operating voltage at the machine terminals in units of U_N	41
Table D.1 – Withstand test voltages according to IVIC for Type I insulation systems	43

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and quality control tests

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 60034-18-41 edition 1.1 contains the first edition (2014-03) [documents 2/1728/FDIS and 2/1738/RVD], its amendment 1 (2019-06) [documents 2/1949/FDIS and 2/1957/RVD] and its corrigendum (2020-12).

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 60034-18-41 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

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 in the IEC TC 2 dashboard on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability 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

The approval of electrical insulation systems for use in rotating electrical machines driven from voltage converters is set out in two IEC documents. They divide the systems into those which are not expected to experience partial discharge activity within specified conditions in their service lives (Type I) and those which are expected to withstand partial discharge activity in any part of the insulation system throughout their service lives (Type II). For both Type I and Type II insulation systems, the drive system integrator (the person responsible for co-ordinating the electrical performance of the entire drive system) shall inform the machine manufacturer what voltage will appear at the machine terminals in service. The machine manufacturer will then decide upon the severity of the tests appropriate for qualifying the insulation system. The severity is based on the impulse rise time, the peak to peak voltage and, in the case of Type II systems, the impulse repetition rate. After installation of the converter/machine system, it is recommended that the drive system integrator measures the phase/phase and phase/ground voltages between the machine terminals and ground to check for compliance.

IEC 60034-18-41

The Type I systems are dealt with in this standard. They are generally used in rotating machines rated at 700 V r.m.s. or less and tend to have random wound windings. The procedures described here are directed at:

- Qualification of the insulation system.
- Type and routine testing of the complete windings of service machines.

Before undertaking any testing, the machine manufacturer shall decide upon the level of severity that the system will be required to withstand. The severity is based on how large the voltage overshoot and how short the impulse rise time will be at the machine terminals. The machine designer then makes a choice from a table in which the range of expected overshoot voltage is divided into bands. Testing is performed at the extreme value of each band. A default value of 0,3 μ s is attributed to the impulse rise time. Other values of impulse rise time or voltage overshoot are dealt with as special cases.

In qualification testing, the insulation system is used to construct various representative test objects. These are subjected to the range of tests described in IEC 60034-18-21 or IEC 60034-18-31 with the addition of a high frequency voltage test and a partial discharge test. For the latter, it may be necessary to use impulse test equipment, as described in IEC/TS 61934. If the test object is partial discharge free under the specified test conditions at the end of the sequence of testing, the insulation system is qualified for the severity band that has been selected.

Type and optional routine tests are performed on complete windings to demonstrate that they are partial discharge free under sinewave or impulse voltage conditions (as appropriate) for the band of severity that the manufacturer has chosen. An impulse voltage insulation class is then assigned to the machine. A mechanism is described for dealing with special cases.

IEC/TS 60034-18-42

The tests for qualification and acceptance of electrical insulation systems chosen for Type II rotating electrical machines are described in this technical specification. These insulation systems are generally used in rotating machines and tend to have form-wound coils, mostly rated above 700 V r.m.s. The qualification procedure is completely different from that used for Type I insulation systems and involves destructive ageing of insulated test objects under accelerated conditions. The rotating machine manufacturer requires a life curve for the insulation system that can be interpreted to provide an estimate of life under the service conditions with converter drive. Great importance is attached to the qualification of any stress grading system that is used and testing here should be performed under repetitive impulse conditions. If the insulation system can be shown to provide an acceptable life under the

appropriate ageing conditions, it is qualified for use. Acceptance testing is performed on coils made using this insulation system when subjected to a voltage endurance test.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 18-41: Partial discharge free electrical insulation systems (Type I) used in rotating electrical machines fed from voltage converters – Qualification and quality control tests

1 Scope

This part of IEC 60034 defines criteria for assessing the insulation system of stator/rotor windings which are subjected to voltage-source pulse-width-modulation (PWM) drives. It applies to stator/rotor windings of single or polyphase AC machines with insulation systems for converter operation.

It describes qualification tests and quality control (type and routine) tests on representative samples or on completed machines which verify fitness for operation with voltage source converters.

This standard does not apply to:

- rotating machines which are only started by converters;
- rotating electrical machines with rated voltage ≤ 300 V r.m.s.;
- rotor windings of rotating electrical machines operating at ≤ 200 V (peak).

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60034-18-1:2010, *Rotating electrical machines – Part 18-1: Functional evaluation of insulation systems – General guidelines*

IEC 60034-18-21, *Rotating electrical machines – Part 18-21: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for wire-wound windings – Thermal evaluation and classification*

IEC 60034-18-31, *Rotating electrical machines – Part 18-31: Functional evaluation of insulation systems – Test procedures for form-wound windings – Thermal evaluation and classification of insulation systems used in rotating machines*

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*¹

IEC/TS 60034-25:2007, *Rotating electrical machines – Part 25: Guidance for the design and performance of a.c. motors specifically designed for converter supply*

¹ This TS is in the process of being transformed into an IS.

IEC/TS 60034-27, *Rotating electrical machines – Part 27: Off-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines*

IEC 60172, *Test procedure for the determination of the temperature index of enamelled winding wires*

IEC 60664-1, *Insulation co-ordination for equipment within low voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC/TS 61800-8, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 8: Specification of voltage on the power interface*

IEC/TS 61934, *Electrical insulating materials and systems – Electrical measurement of partial discharges (PD) under short rise time and repetitive voltage impulses*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	49
INTRODUCTION	51
1 Domaine d'application	53
2 Références normatives	53
3 Termes et définitions	54
4 Tensions aux bornes de la machine provenant du fonctionnement d'un convertisseur	58
5 Contraintes électriques dans le système d'isolation des enroulements de machine.....	62
5.1 Généralités	62
5.2 Tensions exerçant une contrainte sur l'isolation entre phases	63
5.3 Tensions exerçant une contrainte sur l'isolation phase-terre	63
5.4 Tensions exerçant une contrainte sur l'isolation des spires et des torons	63
5.5 Mécanismes de dégradation de l'isolation	64
6 Types d'isolation des machines	65
7 Catégories de contraintes pour les systèmes d'isolation de Type I utilisés dans des machines alimentées par convertisseur	65
8 Essais de qualification de conception et de type pour les systèmes d'isolation de Type I	67
8.1 Généralités	67
8.2 Essai de qualification de la conception	67
8.3 Essai de type	67
9 Equipement d'essai	68
9.1 Mesure de la décharge partielle à la fréquence industrielle	68
9.2 Mesure de la décharge partielle sous impulsions de tension	68
9.3 Générateurs d'impulsions de tension	68
9.4 Sensibilité	69
9.5 Essais de décharges partielles	69
9.5.1 Tension à fréquence industrielle	69
9.5.2 Excitation de choc	69
10 Qualification de la conception pour des systèmes d'isolation de Type I	69
10.1 Généralités	69
10.2 Marche à suivre	69
10.2.1 Généralités	69
10.2.2 Paires torsadées ou dispositif équivalent	70
10.2.3 Motorette (à fils jetés) ou formette (préformée)	70
10.2.4 Enroulements complets	70
10.3 Préparation des objets en essai	71
10.3.1 Généralités	71
10.3.2 Échantillons d'isolation entre spires	71
10.3.3 Échantillons d'essai de motorette / formette ou enroulements complets	71
10.4 Essais de qualification de la conception	71
10.4.1 Généralités	71
10.4.2 Essais de prédiagnostic	72
10.4.3 Essais de diagnostic	72
10.4.4 Cycle de vieillissement	72

10.4.5	Essais de décharges partielles	72
10.5	Critère de réussite pour l'essai de qualification de la conception.....	73
11	Procédure d'essai de type pour des systèmes d'isolation de Type I	73
11.1	Généralités	73
11.2	Essais de décharges partielles à fréquence industrielle	74
11.3	Essais de DP de choc	74
12	Essais individuels de série	74
12.1	Essai de décharges partielles facultatif	74
12.2	Essai de tension de tenue individuel de série.....	75
13	Analyse, compte-rendu et classification	75
Annexe A (informative) Déduction des tensions en service possibles aux bornes pour une machine alimentée par convertisseur		76
A.1	Calcul de la tension de bus à courant continu	76
A.2	Calcul des tensions maximales de crête pour un convertisseur à deux niveaux	78
Annexe B (normative) Déduction des tensions d'essai pour les systèmes d'isolation de Type I		79
B.1	Catégories de contraintes	79
B.2	Exigences concernant la tension de choc appliquée.....	79
B.3	Facteurs d'augmentation pour les essais de DP	80
B.4	Tension pour les essais de qualification de la conception et de type	82
B.5	Exemples de tensions de fonctionnement entre crêtes maximales	84
B.6	Calcul des tensions d'essai.....	85
Annexe C (normative) Déduction des tensions admissibles en service		87
C.1	Classe d'isolation de la tension de choc (IVIC) de la machine	87
C.2	Classe d'isolation de la tension de choc attribuée dans des conceptions spéciales	87
Annexe D (informative) Calcul des tensions d'essai de tenue individuel de série et exemple d'une machine assignée de 500 V.....		89
Bibliographie.....		90
Figure 1 – Paramètres de la forme d'onde de l'impulsion de tension		57
Figure 2 – Tension entre phases à cinq paliers aux bornes d'une machine alimentée par un convertisseur à trois niveaux.....		59
Figure 3 – Saut de tension (U_j) aux bornes de la machine associée à un mécanisme d'entraînement convertisseur.....		60
Figure 4 – Augmentation de la tension aux bornes d'un moteur, due à la réflexion en fonction de la longueur du câble pour différents temps de montée de l'impulsion		61
Figure 5 – Exemple de conception à fils jetés		62
Figure 6 – Exemple de conception préformée		62
Figure 7 – Tension exerçant une contrainte sur l'isolation entre spires dans différents stators à enroulements à fils jetés en fonction du temps de montée de l'impulsion, dans le cas le plus défavorable.....		64
Figure A.1 – Schéma des circuits pour un système machine-convertisseur		76
Figure B.1 – Zone interdite (en grisé) pour des essais de choc		80
Figure B.2 – Exemples de formes d'onde d'essai		80
Figure B.3 – Comparaison entre tensions entre phases, phase-terre et entre spires pour un convertisseur à deux niveaux		82

Figure B.4 – Formes d’onde de la tension d’essai de choc et niveaux permettant d’appliquer la même tension entre crêtes de $2aU_j$ à l’isolation entre spires (représentation schématique).....	83
Figure B.5 – Tensions d’essai pour des essais de choc phase-terre et entre spires en utilisant une impulsion unipolaire	86
Tableau 1 – Plages habituelles des caractéristiques des tensions aux bornes des machines alimentées par convertisseur.....	58
Tableau 2 – Définition des symboles.....	58
Tableau 3 – Effet des caractéristiques de la tension aux bornes de la machine sur les composants des systèmes d’isolation de Type I.....	66
Tableau 4 – Catégories de contraintes pour des systèmes d’isolation de Type I liés à un convertisseur à deux niveaux.....	66
Tableau 5 – Formes d’onde de tension admissibles lors des essais sur des composants de système.....	71
Tableau A.1 – Exemples de tensions maximales de crête	78
Tableau B.1 – Résumé des catégories de contraintes.....	79
Tableau B.2 – Résumé des facteurs d’augmentation à appliquer aux tensions de fonctionnement.....	81
Tableau B.3 – Tensions de fonctionnement entre crêtes maximales liées à U_{dc} pour un convertisseur à deux niveaux selon les catégories de contraintes du Tableau 4.....	84
Tableau B.4 – Exemples de tension de fonctionnement entre crêtes maximale pour un enroulement assigné de 500 V efficaces, alimenté par un convertisseur à deux niveaux, selon les catégories de contraintes données au Tableau 4.....	84
Tableau B.5 – Exemples de tensions maximales d’essai de décharges partielles entre crêtes pour un enroulement assigné de 500 V alimenté, par exemple, par un convertisseur à deux niveaux, selon les catégories de contrainte du Tableau 4 et avec un facteur EF 1,25.....	85
Tableau B.6 – Niveaux d’essai de DP entre spires pour des enroulements spéciaux et des paires torsadées.....	86
Tableau C.1 – Tension de fonctionnement maximale admissible aux bornes de la machine en unités de U_N	87
Tableau D.1 – Tensions d’essai de tenue selon les IVIC des systèmes d’isolation de Type I.....	89

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 18-41: Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des convertisseurs de tension – Essais de qualification et de contrôle qualité

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 60034-18-41 édition 1.1 contient la première édition (2014-03) [documents 2/1728/FDIS et 2/1738/RVD], son amendement 1 (2019-06) [documents 2/1949/FDIS et 2/1957/RVD] et son corrigendum (2020-12).

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60034-18-41 a été établie par le comité d'études 2 de l'IEC: Machines tournantes.

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

NOTE On peut trouver un tableau des renvois de toutes les publications TC 2 de l'IEC dans le tableau de bord TC 2 de l'IEC sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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

L'approbation des systèmes d'isolation électrique à utiliser dans des machines électriques tournantes alimentées par convertisseurs de tension est présentée dans deux documents de l'IEC. Ceux-ci distinguent les systèmes qui ne sont pas supposés être soumis à une activité de décharges partielles dans les conditions spécifiées pendant la durée de leur service (Type I) et ceux qui sont supposés résister à une activité de décharges partielles dans une partie de leur système d'isolation pendant la durée de leur service (Type II). Pour les deux systèmes d'isolation, Type I et Type II, l'intégrateur du système d'entraînement (chargé de coordonner le rendement électrique de tout le système d'entraînement) doit informer le constructeur de la machine de la tension à laquelle les bornes de la machine sont soumises pendant le fonctionnement. Le constructeur de la machine décide ensuite quelle est la sévérité appropriée des essais pour qualifier le système d'isolation. La sévérité dépend du temps de montée de l'impulsion, de la tension crête à crête et, pour les systèmes de Type II, de la fréquence de répétition d'impulsion. Après que le système machine-convertisseur a été installé, il est recommandé que l'intégrateur du système d'entraînement mesure les tensions entre phases et phase-terre entre les bornes de la machine et la terre afin d'en vérifier la conformité.

IEC 60034-18-41

La présente norme traite des systèmes de Type I. Ils sont généralement utilisés dans des machines électriques tournantes dont la tension assignée est 700 V efficaces ou moins et qui ont souvent des enroulements à fils jetés. Les procédures décrites ici concernent:

- La qualification du système d'isolation.
- Les essais de type et individuels de série des enroulements complets dans des machines de service.

Avant de réaliser un essai, le constructeur de la machine doit décider à quel niveau de sévérité le système est tenu de résister. La sévérité dépend de l'intensité de la surtension et de la vitesse de montée de l'impulsion aux bornes de la machine. Le concepteur de la machine fait ensuite un choix à partir d'un tableau dans lequel la plage de la surtension escomptée est divisée en bandes. L'essai est réalisé à la valeur extrême de chaque bande. Une valeur par défaut de 0,3 μ s est attribuée au temps de montée de l'impulsion. D'autres valeurs pour le temps de montée de l'impulsion ou pour la surtension sont utilisées dans des cas particuliers.

Dans les essais de qualification, le système d'isolation est utilisé pour élaborer différents objets d'essai représentatifs. Ils sont soumis à la série d'essais décrits dans l'IEC 60034-18-21 ou l'IEC 60034-18-31, en ajoutant un essai de tension à haute fréquence et un essai de décharges partielles. Pour ce dernier, il peut être nécessaire d'utiliser un équipement d'essai d'impulsion comme le décrit l'IEC/TS 61934. Si à la fin de la série d'essais l'objet en essai est exempt de décharges partielles dans les conditions d'essai spécifiées, le système d'isolation est qualifié pour la bande de sévérité qui a été choisie.

Les essais facultatifs de type et individuels de série sont réalisés sur des enroulements complets pour prouver qu'ils sont exempts de décharges partielles dans des conditions de tension à ondes sinusoïdales ou de tension de choc (le cas échéant) pour la bande de sévérité choisie par le constructeur. Une classe d'isolation de la tension de choc est ensuite assignée à la machine. Une marche à suivre est décrite pour les cas spéciaux.

IEC/TS 60034-18-42

Cette spécification technique décrit les essais destinés à qualifier et à accepter des systèmes d'isolation électrique pour des machines électriques tournantes de Type II. Ces systèmes d'isolation sont en général utilisés dans des machines tournantes, ils ont souvent des bobines préformées dont la tension assignée est la plupart du temps supérieure à 700 V efficaces. La procédure de qualification est tout à fait différente de celle utilisée pour les systèmes

d'isolation de Type I, elle implique un vieillissement destructif des objets d'essai isolés, dans des conditions accélérées. Le constructeur de la machine tournante a besoin, pour le système d'isolation, d'une courbe de vie qui puisse être interprétée afin d'estimer la durée de vie dans des conditions de fonctionnement piloté par convertisseur. Une grande importance est accordée à la qualification de tous les systèmes de répartition de contrainte qui sont utilisés, il convient de réaliser les essais dans des conditions d'impulsions répétées. Le système d'isolation est qualifié pour l'utilisation si une durée de vie acceptable dans les conditions appropriées de vieillissement peut être mise en évidence. Les essais d'acceptation sont réalisés sur des bobines qui sont fabriquées à l'aide de ce système d'isolation et soumises à un essai d'endurance sous tension.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 18-41: Systèmes d'isolation électrique sans décharge partielle (Type I) utilisés dans des machines électriques tournantes alimentées par des convertisseurs de tension – Essais de qualification et de contrôle qualité

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60034 définit des critères pour évaluer le système d'isolation dans des enroulements de stator / de rotor liés à des entraînements à modulation de largeur d'impulsion (PWM) due à la tension. Elle s'applique à des enroulements de stator / de rotor dans des machines à CA monophasés ou polyphasés comportant des systèmes d'isolation pour le fonctionnement du convertisseur.

Elle décrit les essais de qualification et les essais de contrôle qualité (essais de type et individuels de série) sur des échantillons représentatifs ou sur des machines finies pour vérifier qu'ils sont en mesure de fonctionner avec des convertisseurs de source de tension.

Cette norme ne s'applique pas:

- aux machines tournantes seulement démarrées par des convertisseurs;
- aux machines électriques tournantes dont la tension assignée est ≤ 300 V efficaces;
- à des enroulements de rotor dans des machines électriques tournantes qui fonctionnent à ≤ 200 V (crête).

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

IEC 60034-18-1:2010, *Machines électriques tournantes – Partie 18-1: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Principes directeurs généraux*

IEC 60034-18-21, *Machines électriques tournantes – Partie 18-21: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements à fils – Evaluation thermique et classification*

IEC 60034-18-31, *Machines électriques tournantes – Partie 18-31: Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation – Procédures d'essai pour enroulements préformés – Evaluation thermique et classification des systèmes d'isolation utilisés dans les machines tournantes*

IEC/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*¹

¹ Cette Spécification Technique est en train d'être transformée en Norme internationale.

IEC/TS 60034-25:2007, *Rotating electrical machines – Part 25: Guidance for the design and performance of a.c. motors specifically designed for converter supply* (disponible en anglais seulement)

IEC/TS 60034-27, *Rotating electrical machines – Part 27: Off-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines* (disponible en anglais seulement)

IEC 60172, *Méthode d'essai pour la détermination de l'indice de température des fils de bobinage émaillés*

IEC 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, exigences et essais*

IEC/TS 61800-8, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 8: Specification of voltage on the power interface* (disponible en anglais seulement)

IEC/TS 61934, *Electrical insulating materials and systems – Electrical measurement of partial discharges (PD) under short rise time and repetitive voltage impulses* (disponible en anglais seulement)