IEC 62068

Edition 1.0 2013-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Electrical insulating materials and systems – General method of evaluation of electrical endurance under repetitive voltage impulses

Matériaux et systèmes d'isolation électriques – Méthode générale d'évaluation de l'endurance électrique soumise à des impulsions de tension appliquées périodiquement

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 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 Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

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.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,…).
Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

IEC 62068

Edition 1.0 2013-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Electrical insulating materials and systems – General method of evaluation of electrical endurance under repetitive voltage impulses

Matériaux et systèmes d'isolation électriques – Méthode générale d'évaluation de l'endurance électrique soumise à des impulsions de tension appliquées périodiquement

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

N

ICS 29.080.30

ISBN 978-2-83220-676-8

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

CONTENTS

FOREWORD 3
1 Scope 5
2 Normative references 5
3 Terms and definitions 5
4 General test procedures 8
4.1 Overview 8
4.2 Test object 9
4.3 Screening test method 9
4.3.1 General 9
4.3.2 Test procedure 9
4.3.3 RPDIV and RPDEV measurements 9
4.3.4 Data processing 9
4.3.5 Evaluation 10
4.4 Endurance test method 10
4.4.1 Reference EIS 10
4.4.2 Comparison test 10
5 Test impulse-voltage characteristics 11
Annex A (informative) Impulse ageing 12
Bibliography 15

Table 1 – Test impulse-voltage characteristics 11

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRICAL INSULATING MATERIALS AND SYSTEMS – GENERAL METHOD OF EVALUATION OF ELECTRICAL ENDURANCE UNDER REPETITIVE VOLTAGE IMPULSES

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.

International Standard IEC 62068 has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems.

This first edition of IEC 62068 replaces IEC 62068-1:2003. It has been re-numbered as IEC 62068, as decided at the Plenary Meeting of TC 112 in Prague 2011.

The main changes with regard to IEC 62068-1:2003 concern the terms and definitions which are now aligned, in part, on IEC/TS 61934 [1][1] and IEC/TS 60034-18-42 [2].

---

1 Figures in square brackets refer to the bibliography.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

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

FDIS	Report on voting
112/234/FDIS	112/242/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.

The committee has decided that the contents of this publication 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.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

ELECTRICAL INSULATING MATERIALS AND SYSTEMS – GENERAL METHOD OF EVALUATION OF ELECTRICAL ENDURANCE UNDER REPETITIVE VOLTAGE IMPULSES

1 Scope

This International Standard applies to electrical equipment, regardless of voltage, containing an insulation system, which is

– connected to an electronic power supply, and

– requires an evaluation of insulation endurance under repetitive voltage impulses.

This standard proposes a general test procedure to facilitate screening of electrical insulating materials (EIM) and systems (EIS) and to achieve a relative evaluation of insulation endurance under conditions of repetitive impulses.

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 62539, *Guide for the statistical analysis of electrical insulation breakdown data*

3 Terms and definitions

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

3.1
electrical insulating material
EIM
material with negligibly low electric conductivity, used to separate conducting parts at different electrical potentials

[SOURCE: IEC 60505:2011, definition 3.1.2 [3] [2]

3.2
electrical insulation system
EIS
insulating structure containing one or more electrical insulating materials (EIM) together with associated conducting parts employed in an electrotechnical device

[SOURCE: IEC 60505:2011, definition 3.1.1 [2]

3.3
candidate EIS
EIS under evaluation to determine its electrical endurance when exposed to repetitive voltage impulses

_____

2 Figures in square brackets refer to the Bibliography.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.4
reference EIS
evaluated and established EIS with either a known service experience or a known comparative functional evaluation under repetitive voltage impulses

3.5
partial discharge
PD
electric discharge that only partially bridges the insulation between electrical conductors

[SOURCE: IEC 60270:2000, definition 3.1 modified [4] – the word "localized" (electrical discharge) omitted from source definition, and definition shortened to omit reference to "which can or can not occur adjacent to a conductor". Also the three NOTES after the term have been omitted]

3.6
partial discharge pulse
current pulse in an object under test that results from a partial discharge occurring within the object under test

Note 1 to entry: The pulse is measured using suitable detector circuits, which have been introduced into the test circuit for the purpose of the test.

Note 2 to entry: A detector in accordance with the provisions of this standard produces a current or a voltage signal at its output related to the PD pulse at its input.

[SOURCE: IEC/TS 61934:2011, definition 3.3, modified – In Note 2 to entry, "provisions" of this technical specification" edited to read "of this standard"]

3.7
repetitive partial discharge inception voltage
RPDIV
minimum peak-to-peak impulse voltage at which more than five PD pulses occur on ten voltage impulses of the same polarity

Note 1 to entry: This is a mean value for the specified test time and a test arrangement where the voltage applied to the test object is gradually increased from a value at which no partial discharge can be detected.

[SOURCE: IEC/TS 61934:2011, definition 3.4]

3.8
repetitive partial discharge extinction voltage
RPDEV
maximum peak-to-peak impulse voltage at which less than five PD pulses occur on ten voltage impulses of the same polarity

Note 1 to entry: This is a mean value for the specified test time and a test arrangement where the voltage applied to the test object is gradually decreased from a value at which PD have been detected.

[SOURCE: IEC/TS 61934:2011, definition 3.5]

3.9
partial discharge inception voltage
PDIV
lowest voltage at which partial discharges are initiated in the test arrangement, when the voltage applied to the object is gradually increased from a lower value at which no such discharges are observed

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.10
partial discharge extinction voltage
PDEV
highest voltage at which partial discharges are extinguished in the test arrangement, when the voltage applied to the object is gradually decreased from a higher value at which such discharges are observed

3.11
unipolar impulse
voltage impulse, the polarity of which is either positive or negative

3.12
bipolar impulse
voltage impulse, the polarity of which alternates from positive to negative or vice versa

3.13
impulse-voltage polarity
polarity of the applied impulse, with respect to earth

3.14
impulse-voltage repetition rate
inverse of the time between two successive impulses when the time intervals are the same, whether unipolar or bipolar

3.15
impulse rise time
1,25 times the time interval between 10 % and 90 % of the zero-to-peak impulse voltage, on the leading edge of the impulse

3.16
impulse decay time
time interval between the instants at which the instantaneous value of an impulse decreases from a specified upper value to a specified lower value

Note 1 to entry: Unless otherwise specified, the upper and lower values are fixed at 90 % and 10 % of the impulse magnitude.

[SOURCE: IEC/TS 61934:2011, definition 3.11]

3.17
impulse width
interval of time between the first and last instants at which the instantaneous value of an impulse reaches a specified fraction of impulse magnitude or a specified threshold

[SOURCE: IEC/TS 61934:2011, definition 3.12]

3.18
impulse duty cycle
ratio, for a given time interval,of the impulse width to the total time

[SOURCE: IEC/TS 61934-2011, definition 3.13]

3.19
peak partial discharge magnitude
largest magnitude of any quantity related to PD pulses observed in a test object at a specified voltage following a specified conditioning and test

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Note 1 to entry: For impulse voltage tests, the peak magnitude of the PD is the largest repeatedly occurring PD magnitude.

[SOURCE: IEC/TS 61934:2011, definition 3.14]

3.20
rate of voltage rise
0,8 times the impulse-voltage magnitude divided by the time interval between the 10 % and 90 % magnitude of the zero-to-peak impulse voltage

3.21
voltage endurance coefficient
VEC
exponent of the inverse power model or exponential model, which together with the coefficient k, describes the relationship between life and voltage

3.22
life
either time or number of impulses to failure

4 General test procedures

4.1 Overview

Clause 4 describes the general procedures for evaluating the ability of an EIS to resist deterioration due to repetitive impulse voltages. There are two methods, depending on the desired outcome:

a) A screening test can be carried out at a single test voltage to assess alternative EIMs or different physical constructions by comparison with the previously evaluated EIS. The purpose is to find the EIM (or construction) which yields better endurance. In addition, a single EIS can be evaluated at a single test voltage under variable test conditions, such as different humidity, different impulse repetition rates, etc. to determine the effect of the variable.

   NOTE IEC/TS 60034-18-42 gives an example of a screening test for stator winding stress grading coating.

b) An endurance test can be conducted to estimate the relationship between impulse voltage and life for each EIS to be evaluated. The EIS is evaluated at several voltage levels, with the other conditions being usually constant. A possible relationship between voltage endurance and voltage magnitude can be represented by an inverse power law:

$$L = \mathrm{k}U^{-n} \tag{1}$$

   where

   L is the time to failure or number of impulses to failure of the test object (at a given probability);

   U is the applied impulse voltage;

   n is the voltage endurance coefficient (VEC);

   k is a constant.

Other relationships are also possible. For example, the exponential model is:

$$L = \mathrm{A}e^{-\mathrm{h}U} \tag{2}$$

where A and h are constants.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

The results from an impulse electrical endurance or screening test depend on a large number of factors in addition to the inherent capability of an EIS. These factors shall be specified and controlled in any impulse-ageing test. Annex A reviews these factors.

The following subclauses describe the general test procedures for impulse screening and endurance testing. The design and the number of the test object and the impulse-voltage characteristics depend on the EIS that is being modelled.

4.2 Test object

The test object includes a conductor separated from the earth conductor by electrical insulation. A greater number of test objects are needed when greater statistical significance is required to detect small differences. Where practical, a sample consisting of a minimum 5 test objects per voltage level should be used for each test procedure, as mentioned in 12.3 of IEC/TS 60034-18-42:2008.

Overheating at stress grading of test objects may be taken into account during endurance test when repetition frequency of test voltage impulse increases.

4.3 Screening test method

4.3.1 General

Materials and EIS need to be evaluated prior to being designed into a specific product. In most cases the final form of the impulse is not known at this stage. The screening test defines a unique set of test conditions and impulse-voltage characteristics to apply to all materials being evaluated. It is necessary to have a common set of parameters so that different materials can be judged on the same basis.

It is also necessary to establish a fixed set of parameters so that evaluation of the effect of change in parameters can be compared realistically.

4.3.2 Test procedure

A sample of test objects shall be subjected to the specified impulse voltage according to the voltage endurance procedures of IEC 60727-1 [5]. The use of a trip-current device may be a suitable means of monitoring specimen failures. In certain types of test objects, other means of detecting specimen failure may be required. The test conditions selected should take into account the applicable factors described in Annex A. The impulse-voltage characteristics should be consistent with those in Clause 5.

The test voltage selected shall be relevant for the failure process being modelled.

4.3.3 RPDIV and RPDEV measurements

The RPDIV and RPDEV shall be measured under impulse voltage, rather than PDIV and PDEV under power-frequency voltage.

NOTE RPDIV and PPDEV are measured as described in IEC/TS 61934.

As the values of RPDIV and RPDEV may vary significantly depending on the instrument used to make measurements, the measuring system and the criterion used to establish RPDIV and RPDEV should be specified.

4.3.4 Data processing

Time-to-failures shall be processed using the two-parameter Weibull probability distribution. Either complete or singly censored tests can be carried out (providing that at least $(n + 1)/2$ [if n is odd] or $(n/2) + 1$ [if n is even] of the specimens fail). On the basis of the estimates of the

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

scale and shape parameters (the former corresponding to time-to-failure at probability 63,2 %), the mean and median time-to-failure and number of impulses to failure, as well as failure percentiles, can be estimated. The maximum likelihood method can be used to estimate scale and shape parameters. Confidence intervals for the parameters and percentiles can be also calculated; a probability of 90 % is recommended.

Statistical analysis procedures are described in IEC 62539.

4.3.5 Evaluation

Repeat this screening test for each system to be evaluated or for evaluation of changing a single parameter. Relative evaluations are then possible by comparing time-to-failure or the number of impulses to failure at a given probability: the longer time-to-failure or the more impulses to failure, the better the EIM or EIS performance. This procedure will assist in the selection of suitable candidates for the design of the equipment EIM or EIS.

4.4 Endurance test method

4.4.1 Reference EIS

Select at least 3 different impulse-voltage levels for performing the test, which are higher than the expected service stress (for the purpose of test acceleration). The difference between consecutive voltage levels should be at least 10 %. Referring to Formula (1), if n is known to be higher than 15, then consecutive voltage levels can be different by less than 10 %. The voltage levels are selected in order that the failure processes remain the same in the test voltage range. Failure processes shall not differ from those encountered in operating conditions by the EIS under test. Different failure processes can be distinguished, for example, by microscopic examination of the failure sites as well as by a change in the slope of the plot of log voltage versus log number of impulses to failure (or log time-to-failure) due, for example, to test voltage levels in part above or below RPDIV.

Perform the endurance test on each test object, at the selected voltages, and determine the number of impulses to failure or the time-to-failure. Process the number of impulses to failure or time-to-failure (for complete or censored tests) using the two-parameter Weibull function (see 4.3.4). Estimate the scale parameter values (either median, mean, or another prescribed percentile) obtained at each test-voltage level and plot them in a log-log or log-linear (semi-log) coordinate system[3].

4.4.2 Comparison test

After a reference EIS endurance curve has been established, another candidate EIS can be evaluated using the same test procedure and test voltages.

A comparison of the VEC for each candidate to the reference EIS indicates the relative degradation caused by the impulse voltage. Furthermore, the time-to-failure or number of impulses to failure, at a given probability, obtained at the lowest test voltage can be compared. The greater the difference between the candidate and the reference system, the better is the expected endurance of the candidate EIM or EIS under operating conditions, assuming the candidate EIM or EIS requires more impulses to failure. The statistical methods given in IEC 62539 can be used to assess significant differences. It is recommended that the

---

[3] Draw a lifeline (calculated by a regression technique) for each examined EIS using a log-log plot according to Formula (1). If a straight line is not obtained (correlation coefficient <0,85), a semi-log coordinate system can be used where the log of either the number of impulses or number of minutes to failure is plotted versus voltage. If a straight line is obtained, then the life model fits the exponential model, Formula (2). If a non-linear characteristic is still obtained, then it is likely that the failure process has changed at the different voltage levels. The test sequence may have to be repeated with different test voltages, investigating carefully the RPDIV and RPDEV values.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

comparison tests should have enough specimens to detect differences at the 10 % significance level if indeed there are differences[4].

5 Test impulse-voltage characteristics

Table 1 shows one example of the range of impulse-voltage characteristics. Any particular test should have test characteristics that are appropriate for the environment for the type of equipment used. The impulse-voltage measurement system should have a bandwidth of at least 10 MHz to record a 40 ns rise-time impulse accurately.

Table 1 – Test impulse-voltage characteristics

Characteristic	Range
Rise time	(0,04 to 1) µs
Repetition rate	(Up to 10 000) Hz
Impulse duration	(0,08 to 25) µs
Shape	Square or triangular
Polarity	Bipolar (preferred) or unipolar

4 Significant differences can be detected by observing if the confidence levels for each EIS overlap.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annex A
(informative)

Impulse ageing

A.1 General

Equipment circuits may be subject to impulse voltages occurring as the result of lightning or switching impulses. However, the increasing use of electronic technology and electronic equipment is imposing repetitive impulse voltages on many electric insulation systems. Currently, the typical repetition rate of these impulses is in the range of (0,5 – 10) kHz, having an impulse rise time typically in the range (0,1 – 1) μs and a peak voltage exceeding twice the nominal value of the supply voltage.

These short-duration, high-repetition impulses can degrade insulation systems differently from the processes occurring under conventional a.c. power-frequency voltage. The electrical deterioration can result from one or more of several physical processes:

– partial discharges;
– injection and extraction of space charges in the EIMs;
– electromechanical fatigue due to the current impulses resulting from voltage impulses applied to high capacitance EIS;
– dielectric heating due to the high-frequency components in the voltage.

Deterioration due to repetitive voltage impulses from electronic power supplies may, for example, occur in the following types of electrical equipment:

– random-wound motor stator windings;
– medium-voltage, form-wound stator windings;
– power-supply and filter capacitors;
– transformers;
– power cables;
– power-module-drives;
– printed-circuit boards.

A.2 Effect of temperature

Electrical degradation can be greatly altered at elevated temperature. The deterioration rate may be increased if the dielectric loss of EIMs is increased, which causes a further rise of local heating where high electric stress is applied. Higher insulation temperature can also increase the dielectric permittivity of EIMs, which increases electric stress in adjacent air gaps, decreases the partial discharge inception voltage causing the PD activity to increase. In confined EIS, increasing the temperature may reduce the size of voids within the EIS, reducing the PD intensity, and thus the deterioration rate. Thermal cycling can generate or enlarge existing voids, incepting PD and possibly increasing their amplitude and repetition rate. Raising the temperature may increase the gas pressure inside a closed void, which may affect PD activity. Similarly, electric charge trapping and detrapping times may be shorter at higher temperatures. Thus the temperature of the test object must be clearly specified for any endurance test.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

A.3 Effect of mechanical stress

Mechanical stress, both static and dynamic, can enhance electrical degradation significantly through a synergistic effect described in IEC 60505. Mechanical stress can, in fact, produce and/or enlarge defects in insulation, where, for example, the electric field associated with repetitive impulses can more easily give rise to PD, as well as contribute to the damage caused by the energy released by each impulse, reducing the energy barrier for the degradation process.

A.4 Effect of humidity and the environment

Humidity in the environment surrounding an EIS may alter the breakdown strength of the air, and thus the PD activity. Similarly, the humidity in the surrounding air and/or the surface condition of the EIS may affect the electrical stress distribution and/or the conduction of electrical charges on the insulation surface, and thus alter the deterioration rate. Therefore, the humidity and environment during an endurance test must be defined and controlled.

A.5 Effect of voltage magnitude and impulse-voltage characteristics

In some equipment, the voltage distribution can be significantly different under impulse- and power-frequency voltages. The magnitude and duration of the electric stress occurring between elements in electric insulation systems due to these impulse-voltage phenomena are dependent on the physical position of the electric stress relative to the supply voltage connection (phase-to-phase and phase-to-ground), the electric circuit characteristics, series and phase-to-ground capacitances, resistances and inductances. Thus, careful design of the EIS test objects is required to simulate properly the impact of impulse-voltage stresses.

The rise time of the impulse voltage can have several effects on the ageing rate and thus must be defined in a test. In certain EIS, such as those containing multiturn windings, the shorter the rise time, the greater the proportion of the voltage that is across some of the adjacent turns. Thus, shorter rise times could produce a shorter endurance, if partial discharge is a cause of degradation. In addition, the physical processes of deterioration can depend on the rise time. Furthermore, the accumulation of charges may be time dependent, and thus affect the electric field distribution.

The voltage magnitude will have a profound impact on the rate of ageing. In general, the higher the applied test voltage, the greater the ageing rate. Often an inverse power model or exponential model can represent the relationship between voltage endurance and voltage magnitude.

More than one ageing process due to voltage impulses may occur in any particular EIS. For instance, deterioration may occur in some EIS both due to a space charge injection process and a partial discharge process. The test voltage must be selected to simulate the desired deterioration process (generally, the one which is expected to occur in service). For example, if deterioration due to space charge injection is the only process to be simulated, then the test voltage should be below the RPDEV.

A.6 Effect of impulse repetition rate

The impulse-voltage repetition rate may have a positive or negative effect on the number of impulses needed to cause failure. In other words, repetition rate can have nonlinear effect on life, due to dielectric heating and space charge. The local heating may cause secondary effects on PD activities such as change of local voltage distribution through the change of dielectric constant of insulating materials and/or increase of internal gas pressure in voids. Space charge may have complicated effects on PD activity. These effects can change PDIV,

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

which lead to longer or shorter life time. Consequently, the repetition rate must be specified for the testing.

A.7 Effect of impulse polarity

Finally, the oscillatory nature of the impulse can affect the deterioration rate. Unipolar impulses between the conductor and ground generally produce less deterioration per impulse than bipolar impulses of the same magnitude. Similarly, in test objects having non-uniform electric fields, the polarity of the applied voltage can affect the endurance. The specific shape of the impulse (with the exception of rise time) does not seem to have a strong influence on the endurance. For example, a test object subjected either to a square impulse or a triangular impulse (with the same peak magnitude, rise time, and repetition rate) could have approximately the same endurance.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Bibliography

[1] IEC/TS 61934:2011, *Electrical insulating materials and systems – Electrical measurements of partial discharges (PD) under short rise time and repetitive voltage impulses*

[2] IEC/TS 60034-18-42:2008, *Rotating electrical machines – Part 18-42: Qualification and acceptance tests for partial discharge resistant electrical insulation system (Type II) used in rotating electrical machines fed from voltage converters*

[3] IEC 60505:2011, *Evaluation and qualification of electrical insulation systems*

[4] IEC 60270:2000, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

[5] IEC 60727-1, *Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems – Part 1: General considerations and evaluation procedures based on normal distributions* (withdrawn)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 17
1 Domaine d'application 19
2 Références normatives 19
3 Termes et définitions 19
4 Procédures d'essai générales 22
4.1 Vue d'ensemble 22
4.2 Objet à l'essai 23
4.3 Méthode d'essai de sélection 23
4.3.1 Généralités 23
4.3.2 Procédure d'essai 23
4.3.3 Mesures de la tension d'apparition de décharges partielles répétitives (RPDIV) et de la tension d'extinction de décharges partielles répétitives (RPDEV) 24
4.3.4 Traitement des données 24
4.3.5 Evaluation 24
4.4 Méthode d'essai d'endurance 24
4.4.1 SIE de référence 24
4.4.2 Essai comparatif 25
5 Caractéristiques de tension impulsionnelle d'essai 25
Annexe A (informative) Vieillissement sous tension impulsionnelle 26
Bibliographie 29

Tableau 1 – Caractéristiques de tension impulsionnelle d'essai 25

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

MATÉRIAUX ET SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUES – MÉTHODE GÉNÉRALE D'ÉVALUATION DE L'ENDURANCE ÉLECTRIQUE SOUMISE À DES IMPULSIONS DE TENSION APPLIQUÉES PÉRIODIQUEMENT

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 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 brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62068 a été établie par le comité d'études 112 de la CEI: Evaluation et qualification des systèmes et matériaux d'isolement électrique.

La première édition de la CEI 62068 remplace la CEI 62068-1:2003. L'intitulé du document a été modifié en CEI 62068, ce qui a été décidé lors de la réunion plénière du CE 112 à Prague, en 2011.

Les principales modifications par rapport à la CEI 62068-1:2003 concernent les termes et les définitions, qui sont à présent alignés en partie sur la CEI/TS 61934 [1] [1] et la CEI/TS 60034-18-42[2].

_____

1 Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
112/234/FDIS	112/242/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.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité 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.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

MATÉRIAUX ET SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUES – MÉTHODE GÉNÉRALE D'ÉVALUATION DE L'ENDURANCE ÉLECTRIQUE SOUMISE À DES IMPULSIONS DE TENSION APPLIQUÉES PÉRIODIQUEMENT

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale s'applique au matériel électrique, indépendamment de la tension, comprenant un système d'isolation

– connecté à une alimentation électronique, et

– nécessitant une évaluation de l'endurance de l'isolation soumise à des impulsions de tension appliquées périodiquement.

Cette norme propose une procédure générale d'essai afin de faciliter la sélection des matériaux d'isolation électriques (MIE) et des systèmes d'isolation électriques (SIE), et de déterminer de façon relative l'endurance d'une isolation soumise à des impulsions de tension appliquées périodiquement.

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 62539, *Guide for the statistical analysis of electrical insulation breakdown data* (disponible en anglais uniquement)

3 Termes et définitions

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

3.1
matériau isolant électrique
MIE
matériau de conductivité électrique faible pratiquement négligeable, utilisé pour séparer des pièces conductrices portées à des potentiels différents

[SOURCE: CEI 60505:2011, définition 3.1.2 [3] [2]

3.2
système d'isolation électrique
SIE
structure isolante, comprenant un ou plusieurs matériaux isolants électriques (MIE) avec les parties conductrices associées, utilisée dans un dispositif électrotechnique

[SOURCE: CEI 60505:2011, définition 3.1.1 [2]

_____

2 Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.3
SIE candidat
SIE en cours d'évaluation pour déterminer son endurance électrique quand il est soumis à des impulsions de tension appliquées périodiquement

3.4
SIE de référence
SIE évalué et reconnu, soit par une expérience en service connue, soit sur la base d'une évaluation fonctionnelle comparative connue, quand il est soumis à des impulsions de tension appliquées périodiquement

3.5
décharge partielle
DP
décharge électrique qui ne court-circuite que partiellement l'intervalle isolant séparant des conducteurs électriques

[SOURCE: CEI 60270:2000, définition 3.1, modifiée] [4] – le mot "localisée" (décharge électrique localisée) à été supprimé de la définition; la définition est raccourcie en supprimant la mention "qui peut être adjacent ou non à un conducteur". Aussi, les trois NOTES qui suivent la définition ont été supprimés.]

3.6
impulsion de décharge partielle
impulsion de courant dans un objet en essai, qui résulte d'une décharge partielle se produisant dans l'objet en essai

Note 1 à l'article: L'impulsion est mesurée avec des circuits de détection adéquats placés à cet effet dans le circuit d'essai.

Note 2 à l'article: Un détecteur conforme aux dispositions de la présente norme produit en sortie un signal en courant ou en tension lié à l'impulsion de décharge partielle à son entrée.

[SOURCE: CEI/TS 61934:2011, définition 3.3, modifiée – dans la Note 2 à l'article, "la présente spécification technique" devient "la présente norme"]

3.7
tension d'apparition de décharges partielles répétitives
RPDIV (*repetitive partial discharge inception voltage*)
tension impulsionnelle crête à crête minimale à laquelle plus de cinq impulsions de décharges partielles se produisent sur dix impulsions de tension de la même polarité

Note 1 à l'article: Il s'agit d'une valeur moyenne pour la durée d'essai spécifiée et pour des conditions d'essai dans lesquelles la tension appliquée à l'objet soumis à l'essai est augmentée progressivement à partir d'une valeur pour laquelle aucune décharge partielle ne peut être détectée.

[SOURCE: CEI/TS 61934:2011, définition 3.4]

3.8
tension d'extinction de décharges partielles répétitives
RPDEV (*repetitive partial discharge extinction voltage*)
tension impulsionnelle crête à crête maximale à laquelle moins de cinq impulsions de décharges partielles se produisent sur dix impulsions de tension de la même polarité

Note 1 à l'article: Il s'agit d'une valeur moyenne pour la durée d'essai spécifiée et pour des conditions d'essai dans lesquelles la tension appliquée à l'objet soumis à l'essai est diminuée progressivement à partir d'une valeur pour laquelle des décharges partielles ont été détectées.

[SOURCE: CEI/TS 61934:2011, définition 3.5]

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

3.9
tension d'apparition de décharges partielles
PDIV (*partial discharge inception voltage*)
tension la plus faible à laquelle les décharges partielles sont déclenchées dans les conditions d'essai, quand la tension appliquée à l'objet est augmentée progressivement à partir d'une valeur plus faible pour laquelle aucune décharge de ce type n'est observée

3.10
tension d'extinction de décharges partielles
PDEV (*partial discharge extinction voltage*)
tension la plus élevée à partir de laquelle les décharges partielles disparaissent dans les conditions d'essai, quand la tension appliquée à l'objet est diminuée progressivement à partir d'une valeur plus élevée pour laquelle des décharges de ce type sont observées

3.11
impulsion unipolaire
impulsion de tension dont la polarité est soit positive, soit négative

3.12
impulsion bipolaire
impulsion de tension dont la polarité change alternativement du positif au négatif et vice versa

3.13
polarité de tension impulsionnelle
polarité de l'impulsion appliquée, par rapport à la terre

3.14
fréquence de répétition de tension impulsionnelle
inverse du temps entre deux impulsions successives quand les intervalles de temps sont les mêmes, les impulsions étant unipolaires ou bipolaires

3.15
temps de montée d'une impulsion
1,25 fois l'intervalle de temps entre 10 % et 90 % de la tension impulsionnelle de zéro à crête, mesuré sur le front principal de l'impulsion

3.16
temps de descente d'une impulsion
durée de l'intervalle de temps entre les instants auxquels la valeur instantanée d'une impulsion diminue d'une valeur supérieure donnée à une valeur inférieure donnée

Note 1 à l'article: Sauf spécification contraire, les valeurs supérieure et inférieure sont fixées à 90 % et 10 % de la hauteur de l'impulsion.

[SOURCE: IEC/TS 61934:2011, définition 3.11 – disponible seulement en anglais]

3.17
largeur d'impulsion
durée de l'intervalle de temps entre le premier et le dernier instants auxquels la valeur instantanée d'une impulsion atteint une fraction spécifiée de la hauteur de l'impulsion ou un seuil spécifié

[SOURCE: IEC/TS 61934:2011, définition 3.12 – disponible seulement en anglais]

3.18
rapport cyclique d'impulsion
rapport, pour un intervalle de temps donné, de la largeur d'impulsion à la durée totale

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

[SOURCE: IEC/TS 61934-2011, définition 3.13 – disponible seulement en anglais]

3.19
amplitude de décharge partielle de crête
la plus grande amplitude d'une grandeur caractérisant les impulsions de décharges partielles, observée dans un objet en essai à une tension spécifiée, en appliquant un conditionnement et un essai spécifiés

Note 1 à l'article: Pour les essais de tension impulsionnelle, l'amplitude de crête de décharge partielle est l'amplitude de la plus grande décharge partielle répétitive.

[SOURCE: IEC/TS 61934:2011, définition 3.14 – disponible seulement en anglais]]

3.20
taux de la montée de tension
0,8 fois l'amplitude de la tension impulsionnelle divisée par l'intervalle de temps entre 10 % et 90 % de l'amplitude de la tension impulsionnelle zéro à crête

3.21
coefficient d'endurance en tension
VEC (*voltage endurance coefficient*)
exposant qui, avec le coefficient k, prévoit la relation entre la durée de vie et la tension à l'aide des modèles de puissance inverse et des modèles exponentiels

3.22
durée de vie
le temps ou le nombre d'impulsions avant défaillance

4 Procédures d'essai générales

4.1 Vue d'ensemble

L'article 4 décrit les procédures générales d'évaluation de la capacité d'un SIE à résister aux détériorations dues à des tensions impulsionnelles appliquées périodiquement. Deux méthodes sont proposées ci-après, selon le résultat souhaité:

a) Un essai de sélection peut être effectué pour une seule tension d'essai afin d'évaluer d'autres MIE ou différentes constructions physiques en comparaison avec le SIE précédemment évalué. Le but est de trouver le MIE (ou la construction), qui améliore l'endurance. De plus, un seul SIE peut être évalué pour une seule tension d'essai dans des conditions d'essais variables, telles que des taux d'humidité différents, des taux de répétition d'impulsion variables, etc. afin de déterminer l'effet de cette grandeur.

   NOTE La CEI/TS 60034-18-42 donne un exemple d'essai de sélection pour un revêtement de répartition des contraintes d'enroulement statorique.

b) Un essai d'endurance peut être réalisé pour évaluer la relation entre la tension impulsionnelle et la durée de vie pour chaque SIE à évaluer. Le SIE est évalué à plusieurs niveaux de tension, les autres conditions étant généralement constantes. Une relation possible entre l'endurance en tension et l'amplitude de tension peut être représentée par une loi de puissance inverse:

$$L = \mathrm{k}U^{-n} \quad (1)$$

   où

   L est le temps écoulé jusqu'à la défaillance ou le nombre d'impulsions avant défaillance de l'objet soumis à l'essai (pour une probabilité donnée);

   U est la tension impulsionnelle appliquée;

   n est le coefficient d'endurance en tension (VEC);

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

k est une constante.

D'autres relations sont aussi possibles. Par exemple, le modèle exponentiel est:

$$L = \mathrm{A}e^{-\mathrm{h}U} \quad (2)$$

où A et h sont des constantes.

Les résultats d'un essai d'endurance électrique aux impulsions ou d'un essai de sélection dépendent d'un grand nombre de facteurs en plus de la capacité inhérente d'un SIE. Ces facteurs doivent être spécifiés et contrôlés dans tous les essais de vieillissement dû aux impulsions. L'Annexe A passe en revue ces facteurs.

Les paragraphes suivants décrivent les procédures d'essai générales pour la sélection et l'essai d'endurance sous impulsion. La conception et le nombre des objets soumis à l'essai et les caractéristiques de la tension impulsionnelle dépendent du SIE qui est soumis à l'essai.

4.2 Objet à l'essai

L'objet soumis à l'essai contient un conducteur séparé du conducteur à la terre par une isolation électrique. Un nombre plus important d'objets soumis à l'essai est utile lorsqu'une précision statistique plus importante est exigée pour détecter les petites différences. Lorsque ceci est réalisable en pratique, il convient qu'un échantillon constitué d'un minimum de 5 objets à l'essai par niveau de tension soit utilisé pour chaque procédure d'essai, telle qu'il est indiqué en 12.3 de la CEI/TS 60034-18-42:2008.

[SOURCE: CEI 60034-18-42, 12.3 [4]

Une surchauffe lors de la répartition des contraintes des objets soumis à l'essai peut être prise en compte au cours de l'essai d'endurance lorsque la fréquence de répétition de l'impulsion de la tension d'essai augmente.

4.3 Méthode d'essai de sélection

4.3.1 Généralités

Il est nécessaire d'évaluer les matériaux et le SIE avant qu'ils ne soient intégrés dans un produit spécifique. Dans la plupart des cas, la forme finale de l'impulsion n'est pas connue à ce stade. Les essais de sélection définissent un seul ensemble de conditions d'essai et de caractéristiques de tension impulsionnelle à appliquer à tous les matériaux évalués. Il est nécessaire d'avoir un ensemble commun de paramètres, de sorte que des matériaux différents puissent être comparés sur la même base.

Il est aussi nécessaire d'établir un ensemble fixe de paramètres, de sorte que l'évaluation de l'effet d'un changement de ces paramètres puisse être comparée de façon réaliste.

4.3.2 Procédure d'essai

Un échantillonnage d'objets à l'essai doit être soumis à une tension impulsionnelle spécifiée, selon les procédures d'endurance en tension de la CEI 60727-1 [5]. L'utilisation d'un courant de déclenchement peut être adaptée à la détection de défaillances des objets soumis à l'essai. Dans certains types d'objets à l'essai, d'autres moyens de détection de défaillances peuvent être requis. Il convient que les conditions d'essai sélectionnées prennent en compte les facteurs d'applicabilité décrits à l'Annexe A. Il convient que les caractéristiques de tension impulsionnelle soient cohérentes avec celles de l'Article 5.

La tension d'essai choisie doit être pertinente pour que le processus de défaillance soit modélisé.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

4.3.3 Mesures de la tension d'apparition de décharges partielles répétitives (RPDIV) et de la tension d'extinction de décharges partielles répétitives (RPDEV)

Les RPDIV et RPDEV doivent être mesurées sous tension impulsionnelle, et non à la fréquence industrielle, comme la PDIV et la PDEV.

NOTE Les RPDIV et RPDEV sont mesurées tel que décrit dans la CEI/TS 61934.

Comme les valeurs de RPDIV et RPDEV peuvent varier de façon significative en fonction de l'instrument de mesure utilisé, il convient de préciser le système de mesure ainsi que le critère de détermination des RPDIV et RPDEV.

4.3.4 Traitement des données

Les temps jusqu'à la défaillance doivent être traités en utilisant la loi de probabilité de Weibull à deux paramètres. Des essais complets ou simplement censurés peuvent être effectués (à condition qu'au moins $(n + 1)/2$ [si n est impair] ou $(n/2) + 1$ [si n est pair] des spécimens soient défaillants). Sur la base des estimations des paramètres d'échelle et de forme (le premier correspondant au temps jusqu'à la défaillance avec une probabilité de 63,2 %), les temps moyen et médian jusqu'à la défaillance et le nombre d'impulsions avant défaillance, ainsi que les pourcentages de défaillance, peuvent être déterminés. La méthode disposant de la plus grande probabilité peut être utilisée pour estimer les paramètres d'échelle et de forme. Les intervalles de confiance des paramètres et des pourcentages peuvent être aussi calculés; une probabilité de 90 % est recommandée.

Les procédures d'analyse statistique sont décrites dans la CEI 62539.

4.3.5 Evaluation

Répéter cet essai de sélection pour chaque système à évaluer ou pour évaluer le changement d'un seul paramètre. Des évaluations relatives sont alors possibles en comparant le temps jusqu'à la défaillance ou le nombre d'impulsions avant défaillance pour une probabilité donnée: plus le temps jusqu'à la défaillance est long ou plus le nombre d'impulsions avant défaillance est important, et meilleure est la performance du MIE ou du SIE. Cette procédure aidera à choisir des candidats convenables pour la conception du MIE ou du SIE de l'équipement.

4.4 Méthode d'essai d'endurance

4.4.1 SIE de référence

Pour effectuer l'essai, choisir au moins 3 niveaux de tension impulsionnelle différents supérieurs aux contraintes en service prévues (pour les besoins d'accélération de l'essai). Il est recommandé que la différence entre les niveaux de tension consécutifs soit au moins de 10 %. En référence à la Formule (1), si n est connu comme étant plus grand que 15, alors les niveaux de tension consécutifs peuvent être différents de moins de 10 %. Les niveaux de tension sont choisis afin que le mécanisme de défaillance reste le même dans toute la gamme des tensions d'essai. Les mécanismes de défaillance du SIE soumis à l'essai doivent être semblables aux mécanismes en mode opératoire. Plusieurs mécanismes de défaillance peuvent être distingués, par exemple, par un examen microscopique des sites de défaillance tout comme par une modification de la pente dans un tracé doublement logarithmique de la tension en fonction du nombre d'impulsions jusqu'à la défaillance (ou du temps jusqu'à la défaillance), due, par exemple, à des niveaux de tension d'essai en partie supérieurs ou inférieurs à la RPDIV.

Réaliser l'essai d'endurance sur chaque objet d'essai, pour les tensions choisies, et déterminer le nombre d'impulsions avant défaillance ou le temps jusqu'à la défaillance. Traiter le nombre d'impulsions avant défaillance ou le temps jusqu'à la défaillance (pour les essais complets ou censurés) avec la fonction de Weibull à deux paramètres (voir 4.3.4). Estimer les valeurs de paramètre d'échelle (médian, moyen, ou un autre pourcentage prescrit) obtenues

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

pour chaque niveau de tension d'essai et en faire un tracé logarithmique ou semi-logarithmique[3].

4.4.2 Essai comparatif

Après avoir établi une courbe d'endurance pour un SIE de référence, un autre SIE candidat peut être évalué en utilisant la même procédure d'essai et les mêmes tensions d'essai.

Une comparaison du VEC pour chaque candidat au SIE de référence indique la dégradation relative causée par la tension impulsionnelle. De plus, le temps jusqu'à la défaillance ou le nombre d'impulsions avant défaillance, pour une probabilité donnée, obtenus à la tension d'essai la plus basse, peuvent être comparés. Plus la différence entre le candidat et le système de référence est grande, meilleure est l'endurance souhaitée du MIE ou du SIE candidat en condition de fonctionnement, en supposant que le MIE ou le SIE candidat nécessite plus d'impulsions avant défaillance. Les méthodes statistiques indiquées dans la CEI 62539 peuvent être utilisées pour évaluer les différences significatives. Lors des essais comparatifs, il est recommandé d'avoir suffisamment de spécimens pour détecter des différences à 10 % du niveau significatif quand il y a vraiment des différences[4].

5 Caractéristiques de tension impulsionnelle d'essai

Le Tableau 1 présente un exemple de gamme de caractéristiques de tension impulsionnelle. Il est recommandé que tout essai particulier ait des caractéristiques d'essai qui conviennent à l'environnement du type d'équipement utilisé. Il convient que le système de mesure de tension impulsionnelle ait une largeur de bande d'au moins 10 MHz pour enregistrer précisément une impulsion avec un temps de montée de 40 ns.

Tableau 1 – Caractéristiques de tension impulsionnelle d'essai

Caractéristiques	Gammes
Temps de montée	(0,04 à 1) µs
Taux de répétition	(Jusqu'à 10 000) Hz
Durée d'impulsion	(0,08 à 25) µs
Forme	Carré ou triangle
Polarité	Unipolaire ou bipolaire (de préférence)

---

3 Tracer la durée de vie (calculée par une méthode de régression) pour chacun des SIE examinés en utilisant un tracé logarithmique, conformément à la Formule (1). Si une droite n'est pas obtenue (avec un coefficient de corrélation <0,85), un tracé semi-logarithmique peut être utilisé, dans lequel le logarithme du nombre d'impulsions ou de la durée en minutes jusqu'à la défaillance, est tracé en fonction de la tension appliquée. Si une droite est obtenue, alors le modèle de durée de vie correspond à une loi exponentielle, Formule (2). Toutefois, si une caractéristique non linéaire est encore obtenue, il est alors probable que le mécanisme de défaillance ait changé aux différents niveaux de tension. Il peut donc être nécessaire de répéter la séquence d'essai à différents niveaux de tension, en s'intéressant tout particulièrement aux valeurs de RPDIV et RPDEV.

4 Des différences significatives peuvent être détectées en comparant la superposition des niveaux de confiance de chaque SIE.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Annexe A
(informative)

Vieillissement sous tension impulsionnelle

A.1 Généralités

Les circuits d'équipements peuvent être soumis à des tensions impulsionnelles se produisant suite à des commutations de tension ou du fait du foudroiement. Néanmoins, l'utilisation croissante des technologies électroniques et d'équipements électroniques impose des tensions impulsionnelles appliquées périodiquement sur de nombreux systèmes d'isolation électrique. Actuellement, le taux de répétition type de ces impulsions se situe dans la gamme de (0,5 – 10) kHz, pour des temps de montée se situant généralement dans la gamme de (0,1 – 1) µs et une tension de crête dépassant deux fois la valeur nominale de la tension d'alimentation.

Ces impulsions de courte durée à taux de répétition élevé peuvent détériorer les systèmes d'isolation de manière différente des mécanismes se produisant sous tension alternative conventionnelle à fréquence industrielle. Les dégradations électriques peuvent être le résultat de l'un ou de plusieurs des mécanismes physiques suivants:

– les décharges partielles;
– l'injection et l'extraction d'une charge d'espace dans les MIE;
– la fatigue électromécanique due aux impulsions de courant résultant des impulsions de tension appliquées aux SIE de forte capacité;
– un échauffement diélectrique dû aux composantes à haute fréquence de la tension.

La détérioration due à des impulsions de tension appliquées périodiquement provenant des alimentations électriques peut apparaître, par exemple, dans les différents types d'équipements électriques suivants:

– les enroulements statoriques de moteurs à enroulement en vrac;
– les enroulements statoriques préformés des machines moyenne tension;
– les alimentations électriques et les condensateurs de filtrage;
– les transformateurs;
– les câbles d'alimentation;
– les modules de puissance;
– les circuits imprimés.

A.2 Effet de la température

La dégradation électrique peut être augmentée de manière importante à des températures élevées. Le taux de détérioration peut être augmenté si les pertes diélectriques du MIE sont augmentées, causant une nouvelle augmentation locale de la température dans une zone soumise à des contraintes électriques élevées. Une augmentation de la température de l'isolation peut également provoquer une augmentation de la permittivité diélectrique des MIE, ce qui provoque une contrainte électrique plus grande dans les espaces d'aération adjacents , et diminue d'autant la tension d'apparition des décharges partielles, entraînant une augmentation de leur activité. Dans les SIE confinés, l'augmentation de la température peut réduire la dimension de ces espaces au sein des SIE, réduisant l'intensité des décharges partielles, et par conséquent le taux de détérioration. Les cycles thermiques peuvent générer ou élargir des espaces existants, faire apparaître des décharges partielles et éventuellement augmenter leur amplitude et leur taux de répétition. L'augmentation de la température peut

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

augmenter la pression du gaz dans les cavités fermées, ce qui peut affecter l'activité des décharges partielles. De manière similaire, les temps de piégeage et de dépiégeage des charges électriques peuvent être plus courts à des températures plus élevées. Il faut donc que la température de l'objet soumis à l'essai soit clairement spécifiée lors des essais d'endurance.

A.3 Effet de la contrainte mécanique

La contrainte mécanique, à la fois statique et dynamique, peut accroître la dégradation électrique de façon significative par un effet synergique décrit dans la CEI 60505. La contrainte mécanique peut, en fait, produire et/ou élargir les défauts de l'isolation, quand, par exemple, le champ électrique associé aux impulsions appliquées périodiquement peut plus facilement entraîner des décharges partielles, tout comme il peut contribuer aux dégâts causés par l'énergie libérée par chaque impulsion, réduisant la barrière d'énergie du processus de dégradation.

A.4 Effet de l'humidité et de l'environnement

L'humidité dans l'environnement d'un SIE peut modifier la rigidité diélectrique de l'air, et donc l'activité des décharges partielles. De même, l'humidité de l'air environnant et/ou le conditionnement de la surface du SIE peu(ven)t affecter la distribution de la contrainte électrique et/ou la conduction des charges électriques sur la surface d'isolation, et donc modifier le taux de détérioration. Par conséquent, l'humidité et l'environnement pendant un essai d'endurance doivent être définis et contrôlés.

A.5 Effet des caractéristiques d'amplitude de tension et de tension impulsionnelle

Dans certains équipements, la distribution de tension peut être très différente suivant la nature de la tension (impulsionnelle ou à la fréquence industrielle). L'amplitude et la durée de la contrainte électrique apparaissant entre les éléments des systèmes d'isolation électrique et causées par ces phénomènes de tension impulsionnelle dépendent de la position physique de la contrainte électrique par rapport à la connexion de la tension d'alimentation (entre phases et entre phase et terre), des caractéristiques du circuit électrique, des capacités en série et entre phase et terre, des résistances et des inductances. Aussi, une conception rigoureuse des objets soumis à l'essai du SIE est requise pour simuler correctement l'impact des contraintes de tension impulsionnelle.

Le temps de montée de la tension impulsionnelle peut avoir plusieurs effets sur le taux de vieillissement, et doit par conséquent être défini dans un essai. Dans certains SIE, comme ceux qui contiennent des enroulements multispires, plus le temps de montée est court, plus la proportion de tension qui traverse certaines des spires adjacentes est grande. C'est pourquoi les temps de montée plus courts peuvent produire une endurance plus faible, si les décharges partielles sont la cause de dégradation. De plus, les processus physiques de détérioration peuvent dépendre du temps de montée. Par ailleurs, l'accumulation de charges peut dépendre du temps, et donc affecter la distribution du champ électrique.

L'amplitude de tension aura un grand impact sur le taux de vieillissement. En général, plus la tension d'essai appliquée est élevée, plus le taux de vieillissement est important. Souvent, un modèle de puissance inverse ou un modèle exponentiel peut représenter la relation entre l'endurance en tension et l'amplitude de tension.

Plus d'un processus de vieillissement causé par les impulsions de tension peut se produire dans n'importe quel SIE particulier. Par exemple, la détérioration peut se produire dans un SIE à cause d'un processus d'injection de la charge d'espace et d'un processus de décharge partielle. Il faut choisir la tension d'essai pour simuler le processus de détérioration souhaité (en général, celui qui est supposé se produire en service). Par exemple, si la détérioration

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

causée par l'injection d'une charge d'espace est le seul processus à être simulé, alors il convient que la tension d'essai soit inférieure à la RPDEV.

A.6 Effet du taux de répétition d'impulsion

Le taux de répétition de la tension impulsionnelle peut avoir un effet positif ou négatif sur le nombre d'impulsions nécessaire pour causer une défaillance. En d'autres termes, le taux de répétition peut avoir un effet non linéaire sur la durée de vie, en raison de l'échauffement diélectrique et de la charge d'espace. L'échauffement local peut provoquer des effets secondaires sur les activités des décharges partielles, tels qu'une modification de la tension locale de distribution par la modification de la constante diélectrique des matériaux d'isolation et/ou l'augmentation de la pression interne du gaz dans les vides. La charge d'espace peut compliquer l'effet sur l'activité des décharges partielles. Ces effets peuvent modifier la PDIV, entraînant une durée de vie plus longue ou plus courte. En conséquence, il faut définir le taux de répétition pour l'essai.

A.7 Effet de la polarité de l'impulsion

Enfin, la nature oscillatoire de l'impulsion peut affecter le taux de détérioration. Les impulsions unipolaires entre le conducteur et la terre produisent généralement moins de détérioration par impulsion que des impulsions bipolaires de même amplitude. De même, pour les objets soumis à l'essai, ayant des champs électriques non uniformes, la polarité de la tension appliquée peut affecter l'endurance. La forme spécifique de l'impulsion (à l'exception du temps de montée) ne semble pas avoir une grande influence sur l'endurance. Par exemple, un objet soumis à l'essai, qu'il soit soumis à une impulsion carrée, ou bien à une impulsion triangulaire (avec les mêmes amplitude de crête, temps de montée et taux de répétition), pourrait avoir approximativement la même endurance.

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Bibliographie

[1] IEC/TS 61934:2011, *Electrical insulating materials and systems – Electrical measurements of partial discharges (PD) under short rise time and repetitive voltage impulses*
(l'édition la plus récente disponible en anglais uniquement)

[2] CEI 60034-18-42:2008, *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*

[3] CEI 60505:2011, *Evaluation et qualification des systèmes d'isolation électrique*

[4] CEI 60270:2000, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

[5] CEI 60727-1, *Evaluation de l'endurance électrique des systèmes d'isolation électrique – Première partie: Considérations générales et procédures d'évaluation basées sur une distribution normale*
(retirée)

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when print

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

Copyrighted material licensed to BR Demo by Thomson Reuters (Scientific), Inc., subscriptions.techstreet.com, downloaded on Nov-27-2014 by James Madison. No further reproduction or distribution is permitted. Uncontrolled when printe