

This is a preview - click here to buy the full publication



IEC 60216-6

Edition 3.0 2022-11  
REDLINE VERSION

# INTERNATIONAL STANDARD



**Electrical insulating materials – Thermal endurance properties –  
Part 6: Determination of thermal endurance indices (TI and ~~RTE~~ RTI) of an  
insulating material using the fixed time frame method**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

ICS 17.220.99; 29.035.01

ISBN 978-2-8322-6173-6

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.**

## CONTENTS

FOREWORD .....	5
1 Scope .....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms.....	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Symbols and abbreviated terms .....	11
4 FTFM protocol .....	13
4.1 Principles of FTFM protocol .....	13
4.2 Objective of FTFM protocol.....	13
5 TI determination .....	13
5.1 Ageing procedures.....	13
5.2 Ageing times and temperatures.....	14
5.3 Test specimens.....	14
5.3.1 Preparation.....	14
5.3.2 Number of specimens .....	14
5.4 Diagnostic tests .....	15
5.5 Selection of end-points .....	15
5.6 Establishment of initial property value.....	15
5.7 Ageing conditions .....	16
5.7.1 Ageing ovens.....	16
5.7.2 Environmental conditions.....	16
5.7.3 Conditions for property measurement .....	16
5.8 Procedure for ageing .....	16
6 Calculation procedures .....	17
6.1 General principles.....	17
6.1.1 Thermal endurance calculation .....	17
6.1.2 Property value – equivalent temperature transform (Calculation of hypothetical ageing temperature derived from the value of a property) .....	17
6.2 Precision of calculations .....	18
6.3 Derivation of temperatures equivalent to property values .....	18
6.3.1 General .....	18
6.3.2 Preliminary calculations.....	18
6.3.3 Regression calculations (property on temperature).....	18
6.3.4 Linearity test.....	20
6.3.5 Estimation of end-point temperatures equivalent to property values.....	21
6.4 Regression analysis (temperature on time) .....	21
6.4.1 General .....	21
6.4.2 Group means and variances .....	22
6.4.3 General means and variances .....	22
6.4.4 Regression .....	23
6.5 Statistical tests .....	23
6.5.1 Variance equality test .....	23
6.5.2 Linearity test ( <i>F</i> -test) .....	24
6.5.3 Estimates of <i>x</i> and <i>y</i> and their confidence limits .....	25
6.6 Thermal endurance graph .....	26
7 Calculation and requirements for results.....	26

7.1	Calculation of thermal endurance characteristics .....	26
7.2	Reporting of results.....	27
7.2.1	Summary of statistical tests and reporting .....	27
7.2.2	Report format .....	27
8	Report .....	28
9	<del>RTE</del> RTI determination .....	28
10	Additional symbols .....	28
11	Experimental procedures .....	29
11.1	Selection of <del>control material</del> reference EIM.....	29
11.2	Selection of diagnostic test for extent of ageing .....	29
11.3	Ageing procedures .....	29
12	Calculation procedures .....	30
12.1	General principles.....	30
12.2	Input data .....	30
12.3	<del>RTE</del> RTI.....	30
12.4	Confidence limits .....	31
12.5	Extrapolation .....	33
13	Results and report .....	33
13.1	Results of statistical and numerical tests .....	33
13.2	Result .....	33
13.3	Report .....	33
Annex A	(normative) Decision flow chart.....	34
Annex B	(normative) Decision table .....	36
Annex C	(informative) Statistical tables.....	37
Annex D	(informative) Suggested ageing times and temperatures.....	41
D.1	TI determination.....	41
D.1.1	Correlation time (TI) = 20 000 h.....	41
D.1.2	Other correlation times for TI calculation (see 12.3).....	41
D.2	<del>RTE</del> RTI determination .....	41
Annex E	(informative) Figures.....	43
Annex F	(normative) Statistical significance of the difference between two regression estimates.....	46
Annex G	(informative) Computer programs <del>for IEC 60216-6</del> .....	47
G.1	General.....	54
G.1.1	Overview .....	54
G.1.2	Convenience program execution.....	55
G.2	Data files .....	56
G.2.1	Content of file Control6.ftd.....	57
G.2.2	Report .....	59
G.2.3	Thermal endurance graph.....	61
Figure A.1	– Decision flow chart .....	35
Figure E.1	– Property-temperature graph with regression line .....	43
Figure E.2	– Thermal endurance graph .....	43
Figure E.3	– Ageing times and temperatures in relation to thermal endurance graph .....	44
Figure E.4	– Ageing times and temperatures in relation to thermal endurance graph .....	44
Figure E.5	– Ageing times and temperatures in relation to thermal endurance graph .....	45

Figure G.1 – Shortcut property dialog for program launch .....	56
Figure G.2 – Thermal endurance graph.....	61
Table 1 – Intermediate data values .....	30
Table B.1 – Decision table .....	36
Table C.1 – $\chi^2$ -function.....	37
Table C.2 – $t$ -function .....	37
Table C.3 – $F$ -function, $P = 0,05$ .....	38
Table C.4 – $F$ -function, $P = 0,005$ .....	39
Table D.1 – Ageing temperatures and times.....	41

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### ELECTRICAL INSULATING MATERIALS – THERMAL ENDURANCE PROPERTIES –

#### Part 6: Determination of thermal endurance indices (TI and ~~RTE~~ RTI) of an insulating material using the fixed time frame method

#### 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 redline version of the official IEC Standard allows the user to identify the changes made to the previous edition IEC 60216-6:2006. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.**

IEC 60216-6 has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2006. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) clarification of definition of index properties vs. endurance properties;
- b) complete rework of Annex G and the corresponding program.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
112/583/FDIS	112/589/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

A list of all parts in the IEC 60216 series, published under the general title *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

**IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.**

## ELECTRICAL INSULATING MATERIALS – THERMAL ENDURANCE PROPERTIES –

### Part 6: Determination of thermal endurance indices (TI and ~~RTE~~ RTI) of an insulating material using the fixed time frame method

#### 1 Scope

This part of IEC 60216 specifies the experimental and calculation procedures for deriving the thermal endurance characteristics, temperature index (TI) and ~~relative thermal endurance index (RTE)~~ relative temperature index (RTI) of an electrical insulating material (EIM) using the “fixed time frame method (FTFM)”.

In this protocol, the ageing takes place for a small number of fixed times, using the appropriate number of ageing temperatures throughout each time, the properties of the specimens being measured at the end of the relevant time interval. This differs from the procedure of IEC 60216-1, where ageing is conducted at a small number of fixed temperatures, property measurement taking place after ageing times dependent on the progress of ageing.

The diagnostic tests employed in the fixed time frame method are restricted to destructive tests. The method has not yet been applied to non-destructive or proof test procedures.

Both the TI and the ~~RTE~~ RTI determined according to the FTFM protocol are derived from experimental data obtained in accordance with the instructions of IEC 60216-1 and IEC 60216-2 as modified in this part of IEC 60216. The calculation procedures and statistical tests are modified from those of IEC 60216-3 and IEC 60216-5.

#### 2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60212, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 60216-1:2004/2013, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

IEC 60216-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*

IEC 60216-3:2002/2021, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

IEC 60216-4-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-2: Ageing ovens – Precision ovens for use up to 300 °C*

IEC 60216-4-3, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-3: Ageing ovens – Multi-chamber ovens*

IEC 60216-5:2022, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 5: Determination of ~~relative thermal endurance index (RTE)~~ relative temperature index (RTI) of an insulating material*

IEC 60493-1:~~1974~~, *Guide for the statistical analysis of ageing test data – Part 1: Methods based on mean values of normally distributed test results*



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Electrical insulating materials – Thermal endurance properties –  
Part 6: Determination of thermal endurance indices (TI and RTI) of an insulating  
material using the fixed time frame method**

**Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique –  
Partie 6: Détermination des indices d'endurance thermique (IT et ITR) d'un  
matériau isolant en utilisant la méthode de trame de durées fixes**

## CONTENTS

FOREWORD .....	5
1 Scope .....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms .....	8
3.1 Terms and definitions .....	8
3.2 Symbols and abbreviated terms .....	11
4 FTFM protocol .....	12
4.1 Principles of FTFM protocol .....	12
4.2 Objective of FTFM protocol .....	12
5 TI determination .....	13
5.1 Ageing procedures .....	13
5.2 Ageing times and temperatures .....	13
5.3 Test specimens .....	13
5.3.1 Preparation .....	13
5.3.2 Number of specimens .....	14
5.4 Diagnostic tests .....	14
5.5 Selection of end-points .....	15
5.6 Establishment of initial property value .....	15
5.7 Ageing conditions .....	15
5.7.1 Ageing ovens .....	15
5.7.2 Environmental conditions .....	15
5.7.3 Conditions for property measurement .....	16
5.8 Procedure for ageing .....	16
6 Calculation procedures .....	16
6.1 General principles .....	16
6.1.1 Thermal endurance calculation .....	16
6.1.2 Property value – equivalent temperature transform (Calculation of hypothetical ageing temperature derived from the value of a property) .....	17
6.2 Precision of calculations .....	17
6.3 Derivation of temperatures equivalent to property values .....	17
6.3.1 General .....	17
6.3.2 Preliminary calculations .....	17
6.3.3 Regression calculations (property on temperature) .....	18
6.3.4 Linearity test .....	20
6.3.5 Estimation of end-point temperatures equivalent to property values .....	21
6.4 Regression analysis (temperature on time) .....	21
6.4.1 General .....	21
6.4.2 Group means and variances .....	21
6.4.3 General means and variances .....	21
6.4.4 Regression .....	22
6.5 Statistical tests .....	23
6.5.1 Variance equality test .....	23
6.5.2 Linearity test ( <i>F</i> -test) .....	24
6.5.3 Estimates of <i>x</i> and <i>y</i> and their confidence limits .....	24
6.6 Thermal endurance graph .....	26
7 Calculation and requirements for results .....	26

7.1	Calculation of thermal endurance characteristics .....	26
7.2	Reporting of results.....	27
7.2.1	Summary of statistical tests and reporting .....	27
7.2.2	Report format .....	27
8	Report .....	27
9	RTI determination .....	28
10	Additional symbols.....	28
11	Experimental procedures .....	29
11.1	Selection of reference EIM.....	29
11.2	Selection of diagnostic test for extent of ageing .....	29
11.3	Ageing procedures.....	29
12	Calculation procedures .....	29
12.1	General principles.....	29
12.2	Input data .....	29
12.3	RTI .....	30
12.4	Confidence limits .....	31
12.5	Extrapolation.....	32
13	Results and report .....	33
13.1	Results of statistical and numerical tests.....	33
13.2	Result .....	33
13.3	Report.....	33
Annex A (normative) Decision flow chart.....		34
Annex B (normative) Decision table .....		36
Annex C (informative) Statistical tables.....		37
Annex D (informative) Suggested ageing times and temperatures.....		41
D.1	TI determination.....	41
D.1.1	Correlation time (TI) = 20 000 h.....	41
D.1.2	Other correlation times for TI calculation (see 12.3).....	41
D.2	RTI determination .....	42
Annex E (informative) Figures.....		43
Annex F (normative) Statistical significance of the difference between two regression estimates.....		46
Annex G (informative) Computer program .....		47
G.1	General.....	47
G.1.1	Overview .....	47
G.1.2	Convenience program execution.....	48
G.2.1	Content of file Control6.ftd.....	50
G.2.2	Report .....	52
G.2.3	Thermal endurance graph.....	54
Figure A.1 – Decision flow chart .....		35
Figure E.1 – Property-temperature graph with regression line .....		43
Figure E.2 – Thermal endurance graph .....		43
Figure E.3 – Ageing times and temperatures in relation to thermal endurance graph.....		44
Figure E.4 – Ageing times and temperatures in relation to thermal endurance graph.....		44
Figure E.5 – Ageing times and temperatures in relation to thermal endurance graph.....		45

Figure G.1 – Shortcut property dialog for program launch .....	49
Figure G.2 – Thermal endurance graph.....	54
Table 1 – Intermediate data values .....	30
Table B.1 – Decision table .....	36
Table C.1 – $\chi^2$ -function.....	37
Table C.2 – $t$ -function .....	37
Table C.3 – $F$ -function, $P = 0,05$ .....	38
Table C.4 – $F$ -function, $P = 0,005$ .....	39
Table D.1 – Ageing temperatures and times.....	41

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### **ELECTRICAL INSULATING MATERIALS – THERMAL ENDURANCE PROPERTIES –**

#### **Part 6: Determination of thermal endurance indices (TI and RTI) of an insulating material using the fixed time frame method**

#### 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.

IEC 60216-6 has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2006. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) clarification of definition of index properties vs. endurance properties;
- b) complete rework of Annex G and the corresponding program.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
112/583/FDIS	112/589/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

A list of all parts in the IEC 60216 series, published under the general title *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

**IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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.**

## **ELECTRICAL INSULATING MATERIALS – THERMAL ENDURANCE PROPERTIES –**

### **Part 6: Determination of thermal endurance indices (TI and RTI) of an insulating material using the fixed time frame method**

#### **1 Scope**

This part of IEC 60216 specifies the experimental and calculation procedures for deriving the thermal endurance characteristics, temperature index (TI) and relative temperature index (RTI) of an electrical insulating material (EIM) using the “fixed time frame method (FTFM)”.

In this protocol, the ageing takes place for a small number of fixed times, using the appropriate number of ageing temperatures throughout each time, the properties of the specimens being measured at the end of the relevant time interval. This differs from the procedure of IEC 60216-1, where ageing is conducted at a small number of fixed temperatures, property measurement taking place after ageing times dependent on the progress of ageing.

The diagnostic tests employed in the fixed time frame method are restricted to destructive tests. The method has not yet been applied to non-destructive or proof test procedures.

Both the TI and the RTI determined according to the FTFM protocol are derived from experimental data obtained in accordance with the instructions of IEC 60216-1 and IEC 60216-2 as modified in this part of IEC 60216. The calculation procedures and statistical tests are modified from those of IEC 60216-3 and IEC 60216-5.

#### **2 Normative references**

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60212, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 60216-1:2013, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

IEC 60216-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*

IEC 60216-3:2021, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

IEC 60216-4-2, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-2: Ageing ovens – Precision ovens for use up to 300 °C*

IEC 60216-4-3, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-3: Ageing ovens – Multi-chamber ovens*

IEC 60216-5:2022, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 5: Determination of relative temperature index (RTI) of an insulating material*

IEC 60493-1, *Guide for the statistical analysis of ageing test data – Part 1: Methods based on mean values of normally distributed test results*



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	59
1 Domaine d'application .....	61
2 Références normatives .....	61
3 Termes, définitions, symboles et abréviations .....	62
3.1 Termes et définitions .....	62
3.2 Symboles et abréviations .....	66
4 Protocole FTFM .....	67
4.1 Principes du protocole FTFM .....	67
4.2 Objectif du protocole FTFM .....	67
5 Détermination de l'IT .....	68
5.1 Procédures de vieillissement .....	68
5.2 Températures et temps de vieillissement .....	68
5.3 Éprouvettes .....	68
5.3.1 Préparation .....	68
5.3.2 Nombre d'éprouvettes .....	69
5.4 Essais de diagnostic .....	69
5.5 Choix des points limites .....	70
5.6 Détermination de la valeur de propriété initiale .....	70
5.7 Conditions de vieillissement .....	70
5.7.1 Étuves de vieillissement .....	70
5.7.2 Conditions d'environnement .....	71
5.7.3 Conditions de mesure de propriété .....	71
5.8 Procédure de vieillissement .....	71
6 Procédures de calcul .....	71
6.1 Principes généraux .....	71
6.1.1 Calcul de l'endurance thermique .....	71
6.1.2 Valeur de propriété – transformée de température équivalente (Calcul de température de vieillissement hypothétique déduit à partir de la valeur d'une propriété) .....	72
6.2 Précision des calculs .....	73
6.3 Déduction des températures équivalentes aux valeurs de propriété .....	73
6.3.1 Généralités .....	73
6.3.2 Calculs préliminaires .....	73
6.3.3 Calculs de régression (propriété sur la température) .....	73
6.3.4 Essai de linéarité .....	75
6.3.5 Estimation des températures de point limite équivalentes aux valeurs de propriété .....	76
6.4 Analyse de régression (température en fonction du temps) .....	76
6.4.1 Généralités .....	76
6.4.2 Moyennes et variances de groupe .....	77
6.4.3 Moyennes et variances générales .....	77
6.4.4 Régression .....	78
6.5 Essais statistiques .....	79
6.5.1 Essai d'égalité de variance .....	79
6.5.2 Essai de linéarité (essai <i>F</i> ) .....	79
6.5.3 Estimations de <i>x</i> et <i>y</i> et de leurs limites de confiance .....	80

6.6	Graphique d'endurance thermique .....	81
7	Calcul et exigences pour les résultats .....	82
7.1	Calcul des caractéristiques d'endurance thermique .....	82
7.2	Communication des résultats .....	82
7.2.1	Synthèse des essais statistiques et communication .....	82
7.2.2	Format du rapport .....	82
8	Rapport .....	83
9	Détermination de l'ITR .....	83
10	Symboles supplémentaires .....	84
11	Procédures expérimentales .....	84
11.1	Choix du MIE de référence .....	84
11.2	Choix d'un essai de diagnostic pour l'étendue du vieillissement .....	85
11.3	Procédures de vieillissement .....	85
12	Procédures de calcul .....	85
12.1	Principes généraux .....	85
12.2	Données d'entrée .....	85
12.3	ITR .....	86
12.4	Limites de confiance .....	86
12.5	Extrapolation .....	88
13	Résultats et rapport .....	88
13.1	Résultats des essais statistiques et numériques .....	88
13.2	Résultat .....	89
13.3	Rapport .....	89
	Annexe A (normative) Organigramme décisionnel .....	90
	Annexe B (normative) Tableau de décision .....	92
	Annexe C (informative) Tableaux statistiques .....	93
	Annexe D (informative) Températures et temps de vieillissement proposés .....	97
	D.1 Détermination de l'IT .....	97
	D.1.1 Temps de corrélation (IT) = 20 000 h .....	97
	D.1.2 Autres temps de corrélation pour calcul de l'IT (voir 12.3) .....	97
	D.2 Détermination de l'ITR .....	98
	Annexe E (informative) Figures .....	99
	Annexe F (normative) Signification statistique de la différence entre deux estimations de régression .....	102
	Annexe G (informative) Programme informatique .....	103
	G.1 Généralités .....	103
	G.1.1 Vue d'ensemble .....	103
	G.1.2 Exécution pratique du programme .....	104
	G.2.1 Contenu du fichier Control6.ftd .....	106
	G.2.2 Rapport .....	108
	G.2.3 Graphique d'endurance thermique .....	110
	Figure A.1 – Organigramme décisionnel .....	91
	Figure E.1 – Graphique de la propriété en fonction de la température avec droite de régression .....	99
	Figure E.2 – Graphique d'endurance thermique .....	99

Figure E.3 – Graphique des températures et temps de vieillissement en relation avec le graphique d’endurance thermique .....	100
Figure E.4 – Graphique des températures et temps de vieillissement en relation avec le graphique d’endurance thermique .....	100
Figure E.5 – Graphique des températures et temps de vieillissement en relation avec le graphique d’endurance thermique .....	101
Figure G.1 – Boîte de dialogue des propriétés du raccourci pour le lancement du programme .....	105
Figure G.2 – Graphique d’endurance thermique .....	110
Tableau 1 – Valeurs de données intermédiaires .....	85
Tableau B.1 – Tableau de décision .....	92
Tableau C.1 – Fonction $\chi^2$ .....	93
Tableau C.2 – Fonction $t$ .....	93
Tableau C.3 – Fonction $F, P = 0,05$ .....	94
Tableau C.4 – Fonction $F, P = 0,005$ .....	95
Tableau D.1 – Températures et temps de vieillissement .....	97

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – PROPRIÉTÉS D'ENDURANCE THERMIQUE –

#### Partie 6: Détermination des indices d'endurance thermique (IT et ITR) d'un matériau isolant en utilisant la méthode de trame de durées fixes

##### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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.

L'IEC 60216-6 a été établie par le comité d'études 112 de l'IEC: Évaluation et qualification des systèmes et matériaux d'isolement électrique. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2006. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) clarification de la définition des propriétés d'indice par rapport aux propriétés d'endurance;
- b) remaniement complet de l'Annexe G et du programme correspondant.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
112/583/FDIS	112/589/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60216, publiées sous le titre général *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

## MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – PROPRIÉTÉS D'ENDURANCE THERMIQUE –

### Partie 6: Détermination des indices d'endurance thermique (IT et ITR) d'un matériau isolant en utilisant la méthode de trame de durées fixes

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60216 spécifie les procédures expérimentales et de calcul à utiliser pour déduire les caractéristiques d'endurance thermique, l'indice de température (IT) et l'indice de température relatif (ITR) d'un matériau isolant électrique (MIE) à l'aide de la "méthode de trame de durées fixes" (FTFM - fixed time frame method).

Avec ce protocole, le vieillissement se produit après un petit nombre de durées déterminées, en utilisant le nombre approprié de températures de vieillissement tout au long de chaque durée pertinente, et les propriétés des éprouvettes sont mesurées à la fin de chaque intervalle de temps. Ce protocole diffère de la procédure de l'IEC 60216-1, dans laquelle le vieillissement est effectué à un petit nombre de températures déterminées, et le mesurage des propriétés des éprouvettes est effectué après des temps de vieillissement variables en fonction de la progression du vieillissement.

Les essais de diagnostic utilisés dans la méthode de trame de durées fixes sont limités aux essais destructifs. La méthode n'a pas encore été appliquée aux essais non destructifs ni aux procédures d'essais d'épreuve.

Les deux indices d'endurance thermique IT et ITR déterminés selon le protocole FTFM, sont déduits des données expérimentales obtenues conformément aux instructions de l'IEC 60216-1 et de l'IEC 60216-2, et conformément aux modifications de la présente partie de l'IEC 60216. Les procédures de calcul et les essais statistiques sont modifiés par rapport à ceux de l'IEC 60216-3 et de l'IEC 60216-5.

#### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. 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 60212, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

IEC 60216-1:2013, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai*

IEC 60216-2, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 2: Détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Choix de critères d'essai*

IEC 60216-3:2021, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique*

IEC 60216-4-1, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens* (disponible en anglais seulement)

IEC 60216-4-2, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d’endurance thermique – Partie 4-2: Étuves de vieillissement – Étuves de précision pour des utilisations pouvant atteindre 300 °C*

IEC 60216-4-3, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d’endurance thermique – Partie 4-3: Étuves de vieillissement – Étuves à chambres multiples*

IEC 60216-5:2022, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d’endurance thermique – Partie 5: Détermination de l’indice de température relatif (ITR) d’un matériau isolant*

IEC 60493-1, *Guide pour l’analyse statistique de données d’essai de vieillissement – Partie 1: Méthodes basées sur les valeurs moyennes de résultats d’essais normalement distribués*