



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	RTE RTI determination	28
10	Additional symbols	28
11	Experimental procedures	29
11.1	Selection of control material 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	RTE 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	RTE 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 for IEC 60216-6	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 – χ^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 second edition cancels and replaces the first edition published in 2003. 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. The main document types developed by IEC are described in greater detail at 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 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 – χ^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 second edition cancels and replaces the first edition published in 2003. 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. The main document types developed by IEC are described in greater detail at 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 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 χ^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 seconde édition annule et remplace la première édition parue en 2003. 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. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous 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 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*