



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Electrical insulating materials and systems – AC voltage endurance evaluation**

**Systèmes et matériaux isolants électriques – Évaluation de l'endurance à la tension alternative**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 17.220.99; 29.035.01

ISBN 978-2-8322-2990-3

**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.**

## CONTENTS

FOREWORD .....	3
INTRODUCTION .....	5
1 Scope .....	6
2 Normative references .....	6
3 Terms, definitions and symbols .....	6
3.1 Terms and definitions .....	6
3.2 Symbols .....	7
4 Voltage endurance .....	7
4.1 Voltage endurance testing .....	7
4.2 Electrical stress .....	7
4.3 Voltage endurance (VE) graph .....	8
4.4 Short-time electric strength .....	8
4.5 Voltage endurance coefficient (VEC) .....	9
4.6 Differential VEC ( $n_d$ ) .....	9
4.7 Electrical threshold stress ( $E_t$ ) .....	9
4.8 Voltage endurance relationship .....	10
5 Test methods .....	11
5.1 Introductory remarks .....	11
5.2 Tests at constant stress .....	11
5.2.1 Conventional VE test .....	11
5.2.2 Diagnostic measurements .....	12
5.2.3 Detection of an electrical threshold .....	12
5.3 Tests at higher frequency .....	12
5.4 Progressive stress tests .....	13
5.5 Preliminary tests to determine the initial part of the VE line .....	15
5.6 Recommended test procedure .....	15
6 Evaluation of voltage endurance .....	15
6.1 Significance of the VEC .....	15
6.2 Significance of the electrical threshold stress .....	16
6.3 Dispersion of data and precision requirements .....	16
6.4 Presentation of the results .....	16
Annex A (informative) The Weibull distribution .....	18
A.1 Weibull distribution times to dielectric breakdown .....	18
A.2 Weibull distribution dielectric breakdown stresses .....	18
A.3 Generalized Weibull distribution of the dielectric breakdown stresses .....	18
A.4 Inverse power model for the time to dielectric breakdown .....	19
Bibliography .....	20
Figure 1 – General voltage endurance line .....	8
Figure 2 – Determination of the differential VEC $n_d$ at a generic point P of the VE line .....	9
Figure 3 – Plotting the VE line in a progressive stress test using different rates of stress rise .....	14

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### **ELECTRICAL INSULATING MATERIALS AND SYSTEMS – AC VOLTAGE ENDURANCE EVALUATION**

#### 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 61251 has been prepared by IEC technical committee 112: Evaluation and qualification of electrical insulating materials and systems.

This first edition of IEC 61251 cancels and replaces the second edition of IEC TS 61251, published in 2008. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the second edition of IEC TS 61251:

- a) upgrade from Technical Specification to an International Standard;
- b) clarification of issues raised since publication of IEC TS 61251.

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

FDIS	Report on voting
112/338/FDIS	112/347/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 website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

## INTRODUCTION

This International Standard covers insulating materials and systems. Voltage endurance tests are used to compare and evaluate insulating materials and systems. It is complex to determine the capability of electrical insulating materials and systems to endure a.c. voltage stress. The results of voltage endurance tests are influenced by many factors. Therefore this International Standard can be considered as an attempt to present a unified view of voltage endurance for simplified planning and analysis.

## **ELECTRICAL INSULATING MATERIALS AND SYSTEMS – AC VOLTAGE ENDURANCE EVALUATION**

### **1 Scope**

This International Standard describes many of the factors involved in voltage endurance tests on electrical insulating materials and systems. It describes the voltage endurance graph, lists test methods illustrating their limitations and gives guidance for evaluating the sinusoidal a.c. voltage endurance of insulating materials and systems from the results of the tests. This International Standard is applicable over the voltage frequency range 20 Hz to 1 000 Hz. The general principles can also be applicable to other voltage shapes, including impulse voltages. The terminology to be used in voltage endurance is defined and explained.

### **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 dielectric breakdown data*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	23
INTRODUCTION .....	25
1 Domaine d'application .....	26
2 Références normatives .....	26
3 Termes, définitions et symboles .....	26
3.1 Termes et définitions .....	26
3.2 Symboles .....	27
4 Endurance à la tension .....	27
4.1 Essais d'endurance à la tension .....	27
4.2 Contrainte électrique .....	28
4.3 Graphe d'endurance à la tension (VE) .....	28
4.4 Rigidité diélectrique de courte durée .....	29
4.5 Coefficient d'endurance à la tension (VEC) .....	29
4.6 VEC différentiel ( $n_d$ ) .....	29
4.7 Contrainte électrique seuil ( $E_t$ ) .....	30
4.8 Relation d'endurance à la tension .....	30
5 Méthodes d'essai .....	31
5.1 Remarques introductives .....	31
5.2 Essais à contrainte constante .....	32
5.2.1 Essai VE conventionnel .....	32
5.2.2 Mesures de diagnostic .....	33
5.2.3 Détection d'un seuil électrique .....	33
5.3 Essais à des fréquences plus élevées .....	33
5.4 Essais avec contrainte progressive .....	34
5.5 Essais préliminaires pour déterminer la partie initiale de la courbe VE .....	35
5.6 Procédure d'essai recommandée .....	36
6 Evaluation de l'endurance à la tension .....	36
6.1 Signification du VEC .....	36
6.2 Signification de la contrainte électrique seuil .....	36
6.3 Dispersion des données et exigences de précision .....	36
6.4 Présentation des résultats .....	37
Annexe A (informative) La distribution de Weibull .....	39
A.1 Distribution de Weibull pour les durées avant une rupture diélectrique .....	39
A.2 Distribution de Weibull pour les contraintes de rupture diélectrique .....	39
A.3 Distribution de Weibull généralisée pour les contraintes de rupture diélectrique .....	40
A.4 Modèle de puissance inverse pour la durée avant une rupture diélectrique .....	40
Bibliographie .....	42
Figure 1 – Courbe d'endurance à la tension générale .....	28
Figure 2 – Détermination du VEC différentiel $n_d$ en un point générique P de la courbe VE .....	30
Figure 3 – Tracé de la courbe VE dans un essai à contrainte progressive utilisant différentes vitesses d'augmentation de contrainte .....	34

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

# SYSTÈMES ET MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – ÉVALUATION DE L'ENDURANCE A LA TENSION ALTERNATIVE

## AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 61251 a été établie par le comité d'études 112 de l'IEC: Evaluation et qualification des systèmes et matériaux d'isolement électrique.

Cette première édition de l'IEC 61251 annule et remplace la deuxième édition de l'IEC TS 61251 parue en 2008. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à la deuxième édition de l'IEC TS 61251:

- a) transformation d'une Spécification technique en Norme internationale;
- b) clarification des questions soulevées depuis la publication de l'IEC TS 61251.



Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
112/338/FDIS	112/347/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/IEC, 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 l'IEC sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

## INTRODUCTION

La présente Norme internationale traite des systèmes et des matériaux isolants. Les essais d'endurance à la tension sont utilisés pour comparer et évaluer des systèmes et des matériaux isolants. La détermination de la capacité d'endurance des systèmes et des matériaux isolants électriques aux contraintes de tension alternative est complexe. Les résultats d'essais d'endurance à la tension dépendent de nombreux facteurs. La présente Norme internationale peut donc être considérée comme une tentative de présentation globale de l'endurance à la tension permettant une planification et une analyse simplifiées.

## SYSTÈMES ET MATÉRIAUX ISOLANTS ÉLECTRIQUES – ÉVALUATION DE L'ENDURANCE A LA TENSION ALTERNATIVE

### 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit plusieurs des facteurs intervenant dans les essais d'endurance à la tension de systèmes et de matériaux isolants électriques. Elle décrit le graphe d'endurance à la tension, donne une liste des méthodes d'essai en indiquant leurs limites et donne des lignes directrices pour évaluer l'endurance à la tension alternative de systèmes et de matériaux isolants à partir des résultats des essais. La présente Norme internationale est applicable sur la plage de fréquences de la tension allant de 20 Hz à 1 000 Hz. Les principes généraux peuvent également être applicables à d'autres formes de tension, y compris les tensions de chocs. La terminologie à utiliser dans le cadre de l'endurance à la tension est définie et expliquée.

### 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 dielectric breakdown data* (disponible en anglais seulement)