

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**  
**RAPPORT DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**  
**IEC REPORT**

**Publication 792-1**

Première édition — First edition

1985

---

**Essais fonctionnels à plusieurs facteurs  
de systèmes d'isolation électrique**

**Première partie: Procédures d'essai**

---

**The multi-factor functional testing  
of electrical insulation systems**

**Part 1: Test procedures**

---



© CEI 1985

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

**Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale**

**3, rue de Vanemé**

**Genève, Suisse**

## Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CIE est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CIE et en consultant les documents ci-dessous :

- Bulletin de la CIE
- Annuaire de la CIE
- Catalogue des publications de la CIE  
Publié annuellement

## Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CIE : Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CIE, le lecteur consultera :

- la Publication 27 de la CIE : Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique ;
- la Publication 617 de la CIE : Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CIE, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

## Publications de la CIE établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les publications de la CIE préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

## Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources :

- IEC Bulletin
- IEC Yearbook
- Catalogue of IEC Publications  
Published yearly

## Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50 : International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to :

- IEC Publication 27 : Letter symbols to be used in electrical technology ;
- IEC Publication 617 : Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 617, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

## IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**  
**RAPPORT DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**  
**IEC REPORT**

**Publication 792-1**

Première édition — First edition

1985

---

**Essais fonctionnels à plusieurs facteurs  
de systèmes d'isolation électrique**

**Première partie: Procédures d'essai**

---

**The multi-factor functional testing  
of electrical insulation systems**

**Part 1: Test procedures**

---



© CEI 1985

Droits de reproduction réservés — Copyright all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'autorisation écrite de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and recording, without permission in writing from the publisher.

**Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varemé  
Genève, Suisse

Prix  
Price fr.s. 40.—

## SOMMAIRE

|                                                                                                              | Pages |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . .                                                                                          | 4     |
| PRÉFACE . . . . .                                                                                            | 4     |
| INTRODUCTION . . . . .                                                                                       | 6     |
| SECTION UN — GUIDE PRÉLIMINAIRE POUR L'ÉLABORATION DE PROCÉDURES<br>D'ESSAI FONCTIONNEL À PLUSIEURS FACTEURS |       |
| Articles                                                                                                     |       |
| 1. Objet et domaine d'application . . . . .                                                                  | 8     |
| 2. Termes et définitions . . . . .                                                                           | 8     |
| 3. Elaboration de procédures d'essai à plusieurs facteurs . . . . .                                          | 10    |
| 4. Considérations relatives à la spécification de la procédure d'essai . . . . .                             | 14    |
| SECTION DEUX — INTRODUCTION AUX ESSAIS FONCTIONNELS À PLUSIEURS FACTEURS                                     |       |
| 5. Complexité des essais fonctionnels à plusieurs facteurs . . . . .                                         | 22    |
| 6. Exemples d'interaction entre facteurs d'influence . . . . .                                               | 24    |

## CONTENTS

|                        | Page |
|------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .     | 5    |
| PREFACE . . . . .      | 3    |
| INTRODUCTION . . . . . | 7    |

SECTION ONE — A TENTATIVE GUIDE FOR THE PREPARATION  
OF MULTI-FACTOR FUNCTIONAL TESTING PROCEDURES

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Clause                                                                        |    |
| 1. Scope and object . . . . .                                                 | 9  |
| 2. Terms and definitions . . . . .                                            | 9  |
| 3. Preparation of multi-factor test procedures . . . . .                      | 11 |
| 4. Considerations regarding the specification of the test procedure . . . . . | 15 |

SECTION TWO — ESSAY ON MULTI-FACTOR FUNCTIONAL TESTING

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 5. Different complexity of multi-factor functional tests . . . . . | 23 |
| 6. Examples of interaction between factors of influence . . . . .  | 25 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS FONCTIONNELS À PLUSIEURS FACTEURS  
DE SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE

## Première partie : Procédures d'essai

## PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CIE en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CIE exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CIE, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CIE et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

## PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Etudes n° 63 de la CIE : Systèmes d'isolation.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants :

| Règle des Six Mois | Rapport de vote |
|--------------------|-----------------|
| 63(BC)20           | 63(BC)23        |

Pour de plus amples renseignements, consulter le rapport de vote mentionné dans le tableau ci-dessus.

Les publications suivantes de la CIE sont citées dans le présent rapport :

Publications n° 505 (1975) : Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique.

610 (1978) : Principaux aspects de l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation électriques : Mécanismes de vieillissement et procédures de diagnostic.

611 (1978) : Guide pour la préparation de procédures d'essai pour l'évaluation de l'endurance thermique des systèmes d'isolation électrique.

727-1 (1982) : Evaluation de l'endurance électrique des systèmes d'isolation électrique, Première partie : Considérations générales et procédures d'évaluation basées sur une distribution normale.

791 (1984) : Evaluation des performances de systèmes d'isolation à partir de l'expérience en service et des résultats d'essais fonctionnels.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

THE MULTI-FACTOR FUNCTIONAL TESTING  
OF ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS

## Part 1: Test procedures

## FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

## PREFACE

This report has been prepared by IEC Technical Committee No. 63: Insulation Systems.

The text of this report is based upon the following documents:

| Six Months' Rule | Report on Voting |
|------------------|------------------|
| 63(1979)         | 63(1979)         |

Further information can be found in the Report on Voting indicated in the table above.

The following IEC publications are quoted in this report:

- Publication Nos. 505 (1975): Guide for the Evaluation and Identification of Insulation Systems of Electrical Equipment.
- 610 (1978): Principal Aspects of Functional Evaluation of Electrical Insulation Systems: Ageing Mechanisms and Diagnostic Procedures.
- 611 (1978): Guide for the Preparation of Test Procedures for Evaluating the Thermal Endurance of Electrical Insulation Systems.
- 727-1 (1982): Evaluation of Electrical Endurance of Electrical Insulation Systems, Part 1: General Considerations and Evaluation Procedures Based on Normal Distributions.
- 791 (1984): Performance Evaluation of Insulation Systems Based on Service Experience and Functional Tests.

## ESSAIS FONCTIONNELS À PLUSIEURS FACTEURS DE SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE

### Première partie : Procédures d'essai

#### INTRODUCTION

Dans la Publication 505 de la CIE : Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique, on souligne que « l'une des caractéristiques des essais fonctionnels est l'application à l'objet en essai de tous les facteurs d'influence concernés » et que « de façon idéale, les contraintes agissant simultanément en service devraient être appliquées simultanément ». Toutefois, au moment de la rédaction de la Publication 505 de la CIE, l'opinion générale était que l'on ne disposait généralement pas de procédures d'essai appropriées et que l'établissement de telles procédures serait une entreprise beaucoup trop complexe et difficile. À cette époque, l'état des connaissances nécessaires pour l'établissement de procédures d'essai à plusieurs facteurs était insuffisant pour permettre la rédaction de publications de la CIE sur ce sujet.

Plusieurs constatations importantes s'imposent :

- Il existe actuellement un savoir-faire considérable concernant les essais à plusieurs facteurs ;
- Ce savoir-faire s'accroît et se répand rapidement ;
- Les utilisateurs et les fabricants de divers types de matériel électrique s'intéressent de plus en plus aux essais fonctionnels à plusieurs facteurs pour les systèmes d'isolation de leur matériel, afin de valider leurs évaluations des performances en service.

Les questions de fiabilité et de durée de vie satisfaisante du matériel électrique conçu et produit économiquement ont de plus en plus incité les fabricants et les utilisateurs, ainsi que leurs Comités de normalisation, à étudier des méthodes d'évaluation de l'isolation plus perfectionnées que les méthodes d'essai classiques les plus simples ou que le seul renvoi à des tables de classification. Le besoin de comprendre les vrais mécanismes du vieillissement et de la défaillance de l'isolation en service, et de les simuler correctement dans des essais en laboratoire, a conduit à de nouvelles approches en ce qui concerne les méthodes de vieillissement, les procédures de diagnostic et l'interprétation finale des résultats des essais. Comme l'isolation du matériel en service est habituellement soumise à l'action de plusieurs facteurs d'influence, des essais à plusieurs facteurs sont envisagés dans de nombreux cas.

Les Comités d'Études qui étudient la possibilité d'élaborer des procédures d'essai à plusieurs facteurs de leurs systèmes d'isolation trouveront dans ce rapport des énoncés de problèmes techniques et de solutions pratiques qui pourront leur servir de guide ou, tout au moins, d'aide-mémoire. Ce rapport insiste particulièrement sur deux aspects : la simulation réaliste du vieillissement en service dans un essai fonctionnel et l'importance d'élaborer des essais aussi simples et pratiques que possible.

Ce rapport comporte plusieurs parties. Cette première partie se compose de deux sections. La section un prend la forme d'un guide préliminaire destiné à stimuler les recherches d'application par les Comités d'Études de matériels. La rédaction d'un guide définitif pour les essais fonctionnels à plusieurs facteurs de systèmes d'isolation et la date de sa future mise au point dépendront des résultats de ces recherches. Le Comité d'Études n° 63 suivra ces études en vue d'utiliser cette expérience pour la rédaction d'un guide définitif.

La section deux constitue une introduction aux essais à plusieurs facteurs servant à expliquer la section un.

## THE MULTI-FACTOR FUNCTIONAL TESTING OF ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS

### Part 1: Test procedures

#### INTRODUCTION

In IEC Publication 505: Guide for the Evaluation and Identification of Insulation Systems of Electrical Equipment, it is emphasized that valid functional tests require "the application of all relevant factors of influence to the test object" and that "ideally, stresses that act at the same time in service should be applied simultaneously". However, the consensus when preparing IEC Publication 505 was that the required test procedures were not generally available and would be far too complex and difficult to undertake. The state-of-the-art at that time for specifying multi-factor test procedures was inadequate for IEC publications.

Several important findings became evident:

- A considerable amount of know-how on multi-factor testing actually exists.
- This know-how is rapidly expanding in breadth as well as in depth.
- Users and manufacturers of different kinds of electrical equipment are showing increasing interest in multi-factor functional testing of the insulation systems of their equipment in order to validate assessments of service performance.

The concerns of the reliability and adequate service life of economically designed and manufactured electrical equipment have increasingly motivated manufacturers and users, and their Standards Committees, to consider more advanced methods of insulation evaluation than the simplest conventional test methods, or mere reference to classification tables. The need of comprehending the actual ageing and failure mechanisms of the insulation in service and of their appropriate simulation in laboratory tests is leading to new approaches regarding the methods of ageing and diagnostic procedures and the final interpretation of the test results. Since equipment insulation in service usually is subjected to the actions of several factors of influence, a multi-factor test will in many cases be considered.

In this report, Technical Committees which are considering the need to develop multi-factor testing procedures for their insulation systems, will find descriptions of technical problems and practical possibilities which may be helpful for their purpose either as guidance or, at least, as a check list. The emphasis of this report particularly concerns two matters: the realistic modelling of service ageing in a functional test, and the concern that tests be as simple and practical as possible.

This report consists of several parts. Part 1 consists of two sections. Section One is drafted in the form of a tentative guide to stimulate application studies by equipment Technical Committees. The form of a definitive guide for the multi-factor functional testing of insulation systems and the time of its further development will be influenced by the outcome of such studies. Technical Committee No. 63 will follow these studies for the purpose of using this experience in the development of a definitive guide.

Section Two is written as an informative essay introducing the subject and serving to explain Section One.

## SECTION UN — GUIDE PRÉLIMINAIRE POUR L'ÉLABORATION DE PROCÉDURES D'ESSAI FONCTIONNEL À PLUSIEURS FACTEURS

### 1. Objet et domaine d'application

Le présent rapport doit servir de guide aux Comités d'Études de matériels pour l'élaboration de procédures d'essai fonctionnel de leurs systèmes d'isolation particuliers. Il renferme des directives concernant les essais fonctionnels des systèmes d'isolation utilisés dans le matériel électrique de longue durée de vie exposé à plus d'un facteur d'influence en service.

*Note.* — L'utilité d'un guide semblable pour le matériel électrique de courte durée de vie est actuellement à l'étude.

Ce guide donne des recommandations en ce qui concerne la séquence des opérations et des détails concernant les procédures nécessaires à la spécification des essais.

Le domaine d'application de ce rapport ne couvre pas la simulation du vieillissement en service par un ou plusieurs essais à facteur unique de vieillissement sur des échantillons différents. Les guides applicables à ces cas sont :

- La Publication 611 de la CIE : Guide pour la préparation de procédures d'essai pour l'évaluation de l'endurance thermique des systèmes d'isolation électrique, traitant du vieillissement thermique ;
- La Publication 727-1 de la CIE : Évaluation de l'endurance électrique des systèmes d'isolation électrique, Première partie : Considérations générales et procédures d'évaluation basées sur une distribution normale, traitant du vieillissement électrique ;
- La Publication XXX de la CIE, traitant du vieillissement mécanique.

### 2. Termes et définitions

Le présent rapport introduit de nouveaux termes qui s'ajoutent aux termes déjà définis dans la Publication 505 de la CIE. Ils sont illustrés à la figure 1, page 24.

#### 2.1 Interaction

Modification du type ou du degré de vieillissement, produite par la combinaison de deux ou plusieurs facteurs d'influence, par rapport à la somme de leurs effets de vieillissement lorsqu'ils agissent individuellement sur des objets distincts.

*Notes 1.* — Par effet de vieillissement, on entend toute modification précoce de l'isolation due au vieillissement, par exemple, modification de la composition chimique.

2. Habituellement, la mesure de modifications de propriétés physiques est utilisée pour décrire le «degré de vieillissement». Toutefois, elles peuvent dépendre des effets de vieillissement suivant des relations très complexes. Par conséquent, les modifications de propriétés physiques peuvent ne pas être additives, comme le sont les effets de vieillissement (par définition), même en l'absence d'interaction.

3. — La définition ci-dessus diffère de la définition acceptée en statistique.

#### 2.2 Interaction directe

Interaction entre facteurs d'influence appliqués simultanément, qui diffère de celle qui a lieu lorsque les facteurs d'influence sont appliqués séquentiellement. Les facteurs produisant une interaction directe ne sont pas nécessairement des facteurs de vieillissement.

## SECTION ONE – A TENTATIVE GUIDE FOR THE PREPARATION OF MULTI-FACTOR FUNCTIONAL TESTING PROCEDURES

### 1. Scope and object

This report is intended for use by Equipment Technical Committees as a guide when developing functional test procedures for their specific insulation systems. It contains guidelines for the functional testing of insulation systems for use in long-life electrical equipment exposed to more than one factor of influence in service.

*Note.* — The need for a similar guide for short-life electrical equipment is under study.

This guide contains recommendations regarding the sequence of actions and details of the procedures required for the specification of such tests.

Simulation of service ageing by one or several single-factor tests on separate specimens is not within the scope of this report. In such cases the pertinent guides are:

IEC Publication 611: Guide for the Preparation of Test Procedures for Evaluating the Thermal Endurance of Electrical Insulation Systems, for thermal ageing.

- IEC Publication 727-1: Evaluation of Electrical Endurance of Electrical Insulation Systems, Part 1: General Considerations and Evaluation Procedures Based on Normal Distributions, for electrical ageing.
- IEC Publication XXX, for mechanical ageing.

### 2. Terms and definitions

In this report new terms are introduced. These are in addition to the terms already defined in IEC Publication 505. They are illustrated in Figure 1, page 25.

#### 2.1 Interaction

Modification of the type or degree of ageing produced by the combination of two or more factors of influence relative to the sum of their ageing effects if acting individually on separate objects.

*Notes 1.* — Ageing effects are understood to be any primary changes in the insulation due to ageing, e.g., changes in chemical composition.

- 2. — Usually, changes in physical properties are measured and used to describe the "degree of ageing". However, they may depend on the ageing effects in a very complicated manner. Therefore, even when interactions are absent, the changes in physical properties may not be additive as are the ageing effects (by definition).

- 3. — The above definition differs from the accepted statistical definition of "interaction".

#### 2.2 Direct interaction

Interaction between simultaneously applied factors of influence, which differs from that occurring with sequentially applied factors of influence. Factors producing direct interaction are not necessarily ageing factors.