

**RAPPORT
TECHNIQUE
TECHNICAL
REPORT**

**CEI
IEC
505**

Première édition
First edition
1975

**Guide pour l'évaluation et l'identification
des systèmes d'isolation du matériel électrique**

**Guide for the evaluation and identification of
insulation systems of electrical equipment**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 505: 1975

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC
505**

Première édition
First edition
1975

Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique

Guide for the evaluation and identification of insulation systems of electrical equipment

© CEI 1975 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'accord écrit 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 microfilm, without permission in writing from the publisher

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
SECTION UN – GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1.1 Domaine d'application	8
1.2 Objet	8
1.3 Termes et définitions	8
1.4 Codification des systèmes d'isolation	10
1.5 Evaluation fonctionnelle	12
1.5.1 Principes généraux	12
1.5.2 Essais fonctionnels	12
1.6 Déduction de la performance estimée	14
SECTION DEUX – PROCÉDURE DE CODIFICATION DES SYSTÈMES D'ISOLATION	
2.1 Codes de systèmes d'isolation: description générale	14
2.2 Introduction d'éléments de code additionnels	14
2.3 Identification des codes de systèmes d'isolation	16
2.4 Présentation optionnelle (sous forme de tableau)	16
2.5 Spécification des chiffres du code	16
2.6 Présentation multiple sous forme de tableau	16
2.7 Éléments du code	18
2.7.1 Facteur d'influence thermique (<i>T</i>)	18
2.7.2 Facteur d'influence électrique (<i>E</i>)	18
2.7.3 Facteur d'influence d'environnement (<i>A</i>)	18
2.7.4 Facteur d'influence mécanique (<i>M</i>)	18
2.7.5 Performance attendue (<i>P</i>)	18
2.7.6 Mode de fonctionnement (duty) (<i>D</i>)	18
2.8 Codes préférentiels des systèmes d'isolation	20
2.9 Codification sur la base de l'expérience du service	20
2.10 Présentation des codes de systèmes d'isolation dans les normes de matériels	20
SECTION TROIS – PROCÉDURES D'ÉVALUATION FONCTIONNELLE	
3.1 Généralités	20
3.2 Essais fonctionnels: épreuves d'essai	22
3.3 Essais fonctionnels: procédure de vieillissement	22
3.3.1 Généralités	22
3.3.2 Accélération des essais fonctionnels	24
3.3.3 Vérification de la non-modification du mécanisme de vieillissement	24
3.3.4 Application et intensification des principaux facteurs d'influence	26
3.4 Essais fonctionnels: estimation de l'état des échantillons et critères de fin de vie	28
3.4.1 Généralités	28
3.4.2 Critères de fin de vie	28
3.5 Procédures d'essais fonctionnels	30
3.5.1 Considérations générales	30
3.5.2 Spécification des procédures d'essai	30
3.5.3 Liste des points à prendre en considération pour chaque essai	32
3.6 Procédure pour déduire la performance estimée des résultats d'essai	32
3.7 Procédures pour déduire la performance estimée sans essai	32
3.8 Exemples	32
ANNEXE A – Codification des systèmes d'isolation	34
ANNEXE B – Liste de quelques facteurs d'influence importants et de modes de fonctionnement relatifs à l'isolation des matériels électriques	36
ANNEXE C – Exemples hypothétiques de spécifications pour l'évaluation et l'identification de systèmes d'isolation particuliers	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
SECTION ONE – GENERAL	
Clause	
1.1 Scope	9
1.2 Object	9
1.3 Terms and definitions	9
1.4 Coding insulation systems	11
1.5 Functional evaluation	13
1.5.1 General principles	13
1.5.2 Functional tests	13
1.6 Deriving the estimated performance	15
SECTION TWO – INSULATION SYSTEM CODING PROCEDURE	
2.1 Insulation system codes: general description	15
2.2 Introducing additional code elements	15
2.3 Identification of insulation system codes	17
2.4 Alternative format (tabulated)	17
2.5 Specifying the code digits	17
2.6 Multiple tabulated format	17
2.7 Code elements	19
2.7.1 Thermal factor of influence (<i>T</i>)	19
2.7.2 Electrical factor of influence (<i>E</i>)	19
2.7.3 Environmental factor of influence (<i>A</i>)	19
2.7.4 Mechanical factor of influence (<i>M</i>)	19
2.7.5 Performance – intended (<i>P</i>)	19
2.7.6 Duty – mode of operation (<i>D</i>)	19
2.8 Preferred insulation system codes	21
2.9 Coding based on service experience	21
2.10 Presentation of insulation system codes in equipment standards	21
SECTION THREE – PROCEDURES FOR FUNCTIONAL EVALUATION	
3.1 General	21
3.2 Functional tests: test specimens	23
3.3 Functional tests: ageing procedure	23
3.3.1 General	23
3.3.2 Acceleration of functional tests	25
3.3.3 Verification of unchanged ageing mechanism	25
3.3.4 Application and intensification of main factors of influence	27
3.4 Functional tests: assessing the state of the specimens and end point criteria	29
3.4.1 General	29
3.4.2 End-point criteria	29
3.5 Functional test procedures	31
3.5.1 General considerations	31
3.5.2 Specifying test procedures	31
3.5.3 List of items to be considered for each test	33
3.6 Procedure for deriving estimated performance from test results	33
3.7 Procedures for deriving estimated performance without testing	33
3.8 Examples	33
APPENDIX A – Coding of insulation systems	35
APPENDIX B – List of some important factors of influence and duty relevant to insulation in electrical equipment	37
APPENDIX C – Hypothetical examples of specifications for evaluating and identifying particular insulation systems	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE POUR L'ÉVALUATION ET L'IDENTIFICATION DES SYSTÈMES D'ISOLATION DU MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI 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 CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Comité d'Etudes N° 63: Systèmes d'isolation.

Le travail sur les premiers projets débuta en 1971. Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Zurich en novembre 1972 et à Sarasota en novembre 1973. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 63(Bureau Central)5, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1974.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')
Allemagne
Australie
Belgique
Canada
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France
Israël

Italie
Japon
Norvège
Pays-Bas
Portugal
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques Socialistes Soviétiques

La présente publication a trait aux méthodes d'évaluation et d'identification des systèmes d'isolation pour les matériels électriques, méthodes pour lesquelles l'expérience existant actuellement sur le plan international est insuffisante. Pour cette raison le Comité d'Etudes 63, après consultation des Comités nationaux, a décidé que cette publication serait éditée en tant que rapport et non comme une norme, pour permettre son acceptation par le plus grand nombre possible de Comités nationaux. Cette décision a été obtenue en considérant que cette publication sera rééditée dans un proche avenir, comme une norme, lorsqu'une expérience suffisante et une acceptation plus large auront été atteintes.

Le Comité national des Etats-Unis accepte la publication du présent document comme rapport de la CEI et demande l'insertion de la note suivante dans la préface: «Le Comité national des Etats-Unis a voté contre la parution de ce document en tant que norme de la CEI parce que les propositions de codification contenues ne sont pas pratiques et, par suite, ne peuvent être acceptées aux Etats-Unis ni maintenant ni dans un avenir prévisible. Toutefois, ce rapport contient des informations utiles pour la préparation de procédures d'essais fonctionnels pour les systèmes d'isolations électriques et suscitera des observations de la part des Comités d'Etudes de matériels pour l'orientation des travaux futurs.»

Le Comité national britannique a voté contre la publication de ce document, estimant qu'il était prématuré de publier un code sans les méthodes d'essai associées alors que la parution de ces méthodes n'était pas prévisible et, au surplus, que le code pourrait être mal appliqué en l'absence de méthodes d'essai agréées.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**GUIDE FOR THE EVALUATION AND IDENTIFICATION
OF INSULATION SYSTEMS OF ELECTRICAL EQUIPMENT**

FOREWORD

- 1) The formal decisions of 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 publication has been prepared by IEC Technical Committee No. 63, Insulation Systems.

Work on the first drafts was initiated in 1971. Drafts were discussed at the meetings held in Zurich in November 1972 and in Sarasota in November 1973. As a result of this latter meeting, a draft document 63(Central Office)5, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Belgium	Norway
Canada	Portugal
Czechoslovakia	South Africa (Republic of)
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet
Israel	Socialist Republics
Italy	United States of America
Japan	

This publication concerns methods of evaluation and identification of insulation systems for electrical equipment on which sufficient international experience is not yet available. For this reason Technical Committee 63, after consultation with National Committees, has decided that this publication should be published as a report and not as a standard, in order to obtain acceptability by a greater number of National Committees. This decision was reached on the understanding that the publication will be reissued some time in the near future as a standard when sufficient experience and wider acceptance have been attained.

The U.S. National Committee concurs with the publication of this document as an IEC report and requested that the following note be placed in the Preface: "The U.S. National Committee voted negatively on this document as an IEC standard because the coding proposals presented herein are not practical and thus are not acceptable in the United States of America now or in the foreseeable future. However, this report contains useful information for preparing functional test procedures for electrical insulation systems and will generate comments from Equipment Technical Committees for the guidance of future work."

The British National Committee voted against publication of this document because it considered it was premature to publish a code without the associated methods of test when no prediction could be made of their availability, and it was thought that code could be misapplied in the absence of agreed test methods.

GUIDE POUR L'ÉVALUATION ET L'IDENTIFICATION DES SYSTÈMES D'ISOLATION DU MATÉRIEL ÉLECTRIQUE

INTRODUCTION

La Publication 85 de la CEI: Recommandations relatives à la classification des matières destinées à l'isolement des machines et appareils électriques en fonction de leur stabilité thermique en service, est utilisée depuis 1957. Elle a été la base d'une classification thermique à la fois des matériaux isolants et des systèmes d'isolation des matériels électriques. L'importance d'aspects autres que thermiques était, cependant, reconnue dans cette publication.

La présente publication permettra aux Comités d'Etudes de matériels de la CEI de commencer à élaborer des procédures d'évaluation et d'identification qui permettront finalement le remplacement de la Publication 85 de la CEI.

La présente publication n'est donc pas une norme indépendante, mais un guide pour les Comités d'Etudes de matériels lorsqu'ils élaboreront des normes pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation dans leur propre domaine. Le fait reconnu que des conditions de fonctionnement, autres que la température, influent, dans de nombreux cas, sur le vieillissement et sur la destruction finale des isolations en service, sera, comme il se doit, pris en considération lors de la spécification de telles procédures d'évaluation. La pratique consistant à évaluer les systèmes d'isolation sur la base des chiffres d'endurance des matériaux isolants pris individuellement n'est pas valable.

Bien que la procédure d'identification proposée ici soit conçue pour admettre les exigences les plus complexes, elle peut aussi être utilisée, sous sa forme la plus simple, pour exprimer seulement la position actuelle sur la caractérisation des systèmes d'isolation. Elle donne la possibilité aux Comités d'Etudes responsables d'étendre par la suite cette caractérisation en incluant, quand ils le souhaiteront, des définitions plus complètes de leurs systèmes d'isolation.

En produisant la présente publication, le Comité d'Etudes 63 a maintenant atteint la phase initiale de son objectif. On attend des Comités d'Etudes qu'ils adoptent ce guide comme base de travail en ce qui concerne les systèmes d'isolation et qu'ils commencent l'élaboration de procédures d'essai généralisées et de méthodes d'analyse des données pour les matériels couverts par leur domaine d'activité.

Lorsqu'ils préparent des spécifications pour l'évaluation et l'identification de leurs systèmes d'isolation, les Comités d'Etudes de matériels feraient bien de publier leurs codes avec les procédures d'essai et d'évaluation et non séparément.

Le Comité d'Etudes 63 a l'intention de compléter le travail des Comités d'Etudes de matériels en produisant des documents additionnels complémentaires qui, à la lumière de l'expérience pratique acquise par les comités mentionnés ci-dessus, permettront de perfectionner ultérieurement les principes élaborés par le Comité d'Etudes 63 et contenus dans cette publication.

La présente publication comporte trois sections. La section Un présente le schéma général de la procédure d'évaluation proposée, introduit quelques concepts généraux, expose la philosophie sur laquelle ce guide est fondé, et énonce quelques problèmes et possibilités importants.

La section Deux contient les directives et les considérations relatives à l'établissement des codes des systèmes d'isolation dans les matériels particuliers.

La section Trois a trait aux essais fonctionnels destinés à établir l'aptitude des systèmes d'isolation et aux procédures d'évaluation des résultats d'essai ou de l'expérience du service en termes de codes de systèmes d'isolation.

Un organigramme illustrant les essais fonctionnels et la codification des systèmes d'isolation est donné à l'annexe A.

Une liste des facteurs d'influence les plus importants et des caractéristiques de fonctionnement des isolations des matériels est donnée à l'annexe B.

Deux exemples hypothétiques de spécifications pour l'évaluation et l'identification de systèmes d'isolation particuliers sont donnés à l'annexe C. Le premier exemple concerne l'isolation d'un produit construit en grandes quantités, alors que le second exemple a trait à l'isolation d'un matériel conçu de façon plus individuelle. Ces exemples sont, à dessein, irréalistes.

GUIDE FOR THE EVALUATION AND IDENTIFICATION OF INSULATION SYSTEMS OF ELECTRICAL EQUIPMENT

INTRODUCTION

IEC Publication 85, Recommendations for the Classification of Materials for the Insulation of Electrical Machinery and Apparatus in relation to their Thermal Stability in Service, has been in use since 1957. It has been the basis for thermal classification of both insulating materials and insulation systems in electrical equipment. The importance of aspects other than thermal was, however, recognized in the publication.

The present publication will enable IEC Equipment Technical Committees to commence the development of evaluation and identification procedures, which will ultimately permit replacement of IEC Publication 85.

This publication therefore is not an independent standard but is a guide for Equipment Technical Committees when developing standards for the evaluation and identification of insulation systems in their particular fields. The fact that operating conditions other than temperature are known to influence, in many cases, the ageing and ultimate failure of insulation in service should be duly considered when specifying such evaluation procedures. The practice of evaluating insulation systems on the basis of endurance figures for individual insulating materials is not valid.

Although the identification procedure proposed here is designed to accommodate the most complex requirements, it is also capable of being used in its simplest form to express only the current position with regard to insulation system characterization. It is possible for this characterization subsequently to be extended by the responsible Technical Committees to deal with more complete definitions of their insulation systems when so wished.

In the production of the present publication, Technical Committee 63 has now achieved the initial phase of its objective. It is expected that Technical Committees will adopt this guide as a basis for their work as regards insulation systems and will commence the early development of generalized test procedures and methods of analysis of data for the equipment falling within their scope.

When preparing specifications for the evaluation and identification of their insulation systems, Equipment Technical Committees are advised to publish codes together with the corresponding testing and evaluation procedures, and not separately.

Technical Committee 63 intends to complement the work of Equipment Technical Committees by preparing additional supplementary documents which, in the light of the practical experience gained by the above committees, will permit further refinement of the principles as worked out by Technical Committee 63 and contained in this publication.

This publication consists of three sections. Section One presents the general outline for the proposed evaluation procedure, introduces some general concepts, relates the philosophy on which this guide is based, and states some important problems and possibilities.

Section Two contains directions and considerations pertinent to the establishment of the codes for insulation systems in particular equipment.

Section Three deals with functional tests for the assessment of the capabilities of insulation systems and with procedures for evaluating test results or service experience in terms of insulation system codes.

A flow chart illustrating the functional testing and coding of insulation systems is provided in Appendix A.

A list of some important factors of influence and duty relevant to insulation in equipment is given in Appendix B.

Two hypothetical examples of specifications for evaluating and identifying particular insulation systems are provided in Appendix C. The first example concerns the insulation of a mass-produced product, whereas the second example deals with insulation for more individually designed equipment. These examples are purposely not realistic.

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application

La présente publication est un guide pour les Comités d'Etudes lorsqu'ils élaboreront des spécifications pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation de matériels particuliers. Ce n'est pas le but de ce guide d'établir des normes de codification pour la vie en service des matériels électriques, mais plutôt de fournir un canevas dans lequel des normes pour les systèmes d'isolation pourront finalement être établies par les Comités d'Etudes de matériels appropriés.

Note. – Ce guide n'a trait qu'aux aspects concernant les systèmes d'isolation. L'isolation n'est pas le seul aspect déterminant de la vie des matériels.

1.2 Objet

L'objet de ce guide est de :

- définir les termes utilisés;
- recommander une procédure de codification pour exprimer la conformité des systèmes d'isolation aux exigences du service spécifiées;
- recommander des codes préférentiels de systèmes d'isolation pour réduire le nombre des essais fonctionnels;
- énoncer les principes généraux pour l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation;
- recommander une présentation type pour les procédures d'essais fonctionnels des systèmes d'isolation.

1.3 Termes et définitions

Pour les besoins de cette publication, les définitions suivantes seront appliquées:

Termes généraux

1.3.1 Système d'isolation: Matériau isolant, ou assemblage de matériaux isolants à considérer, en liaison avec les parties conductrices associées, tel qu'il est appliqué à un matériel électrique d'un type ou d'une taille donnés ou à l'une de ses parties.

Note. – Un matériel électrique donné peut comporter plusieurs systèmes d'isolation différents.

1.3.2 Performance attendue: Vie représentative d'un système d'isolation soumis aux conditions de service spécifiées dans le code. La performance attendue ne constitue pas une garantie commerciale.

1.3.3 Performance estimée: Vie d'un système d'isolation en service estimée, selon les procédures d'évaluation appropriées établies par le Comité d'Etudes responsable, sur la base de l'expérience en service et/ou des résultats d'essais fonctionnels.

Note. – La performance attendue et la performance estimée seront exprimées avec les mêmes dimensions (par exemple, temps, nombre de manœuvres).

Termes relatifs à la codification des systèmes d'isolation

1.3.4 Code d'un système d'isolation: Suite de symboles ou d'abréviations représentant les exigences du service spécifiées pour un système d'isolation d'un type particulier de matériel électrique et impliquant une démonstration de conformité.

1.3.5 Codes préférentiels de systèmes d'isolation: Petit nombre de codes de systèmes d'isolation choisis parmi tous ceux qui sont possibles pour un type donné de matériel, dans le dessein de permettre au Comité d'Etudes de matériel approprié de réduire le nombre de procédures d'essai spécifiées.

Termes relatifs au service, aux contraintes et au vieillissement

1.3.6 Conditions de service: Conditions décrites par les facteurs d'influence et le mode de fonctionnement auxquels est soumis un matériel électrique durant son fonctionnement réel, ou lorsqu'il est raccordé, mais ne fonctionne pas.

SECTION ONE – GENERAL

1.1 Scope

This publication is a guide for Technical Committees when developing specifications for evaluation and identification of insulation systems in particular equipment. It is not the purpose of this guide to establish codification standards for the operational life of electrical equipment but rather to supply a framework within which standards for insulation systems can ultimately be established by the appropriate Equipment Technical Committee.

Note. – This guide relates to insulation system aspects only. Insulation is not the only determinant of equipment life.

1.2 Object

The object of this guide is to:

- define the terms used;
- recommend a coding procedure for expressing compliance of insulation systems with specified service requirements;
- recommend preferred insulation system codes to minimize the number of functional tests;
- state general principles for the functional evaluation of insulation systems;
- recommend typical contents of functional test procedures of insulation systems.

1.3 Terms and definitions

For the purpose of this publication, the following definitions shall apply:

General terms

1.3.1 Insulation system: An insulating material, or an assembly of insulating materials, to be considered in relation with associated conducting parts, as applied to a particular type or size or part of electrical equipment.

Note. – A single piece of electrical equipment may contain several different insulation systems.

1.3.2 Intended performance: Representative life of an insulation system under service conditions as specified in the code. Intended performance does not constitute a commercial guarantee.

1.3.3 Estimated performance: Life of the insulation system in service estimated, in accordance with the appropriate evaluation procedures established by the responsible Technical Committee, on the basis of service experience and/or the results of functional tests.

Note. – Intended performance and estimated performance should be expressed in the same dimensions (e.g. time, number of operations).

Terms relating to coding insulation systems

1.3.4 Insulation system code: A sequence of symbols or abbreviations representing specified service requirements for an insulation system in a particular type of electrical equipment and stating demonstrated compliance.

1.3.5 Preferred insulation system codes: A small number of insulation system codes selected from all those possible for a given type of equipment in order to permit the appropriate Equipment Technical Committee to restrict the number of specified test procedures.

Terms relating to service, stresses and ageing

1.3.6 Service conditions: Conditions in terms of factors of influence and duty to which electrical equipment is exposed during actual operation or when connected but not operating.

1.3.7 *Exigences du service*: Exigences exprimées par les facteurs d'influence, la performance attendue et le mode de fonctionnement correspondant aux conditions de service auxquelles doit satisfaire un matériel électrique.

1.3.8 *Aptitude au service*: Aptitude à fonctionner comme prévu à n'importe quel instant particulier.

1.3.9 *Mode de fonctionnement*: Caractéristique liée à la fréquence des manœuvres, au type de charge et au taux d'occurrence de perturbations extérieures de différentes sortes.

1.3.10 *Facteur d'influence*: Contrainte ou influence de l'environnement agissant sur l'isolation d'un matériel pendant le service.

1.3.11 *Vieillessement*: Dégradation irréversible de l'aptitude au service des systèmes d'isolation. De telles dégradations sont caractérisées par un taux de défaillances ou une probabilité d'incidents qui augmente avec le temps.

1.3.12 *Facteur de vieillissement*: Facteur d'influence produisant un vieillissement.

Termes relatifs aux essais

1.3.13 *Essai fonctionnel*: Essai dans lequel les systèmes d'isolation d'un matériel, ou d'une partie de celui-ci, ou d'un modèle d'essai, sont exposés aux facteurs de vieillissement simulant les conditions du service, afin d'obtenir des renseignements sur l'aptitude au service.

1.3.14 *Modèle d'essai*: Modèle représentatif d'un matériel, ou d'une partie de celui-ci, destiné à être utilisé dans un essai fonctionnel.

1.3.15 *Vieillessement forcé*: Accélération du vieillissement par l'intensification du niveau et/ou de la fréquence d'application des facteurs de vieillissement, au-delà des conditions normales du service.

1.3.16 *Essai accéléré*: Essai fonctionnel appliquant un vieillissement forcé, afin de réduire la durée de l'essai comparée à la performance attendue.

1.3.17 *Facteur de diagnostic*: Contrainte appliquée à l'isolation d'une éprouvette d'essai pour constater son état sans accroître de façon significative son degré de vieillissement.

1.3.18 *Critère de fin de vie*: Valeur choisie d'une caractéristique d'un échantillon en essai indiquant que son aptitude au service a disparu, ou choisie de façon arbitraire pour permettre la comparaison de systèmes d'isolation.

1.3.19 *Epreuve*: Application d'un niveau donné d'un facteur de diagnostic à une éprouvette d'essai, pour déterminer si le critère de fin de vie a été atteint.

1.4 Codification des systèmes d'isolation

L'utilisation d'un code de systèmes d'isolation est une déclaration de l'aptitude d'un système d'isolation ainsi identifié à effectuer un service dans les conditions et avec une performance attendue conformes aux spécifications du code.

C'est un principe fondamental que la conformité d'un système d'isolation aux exigences du service spécifiées par son code doit être démontrée soit par l'évaluation d'une expérience en service, soit par des essais fonctionnels établis par le Comité d'Etudes responsable.

Une procédure de codification est proposée pour le développement de codes de systèmes d'isolation de types particuliers de matériels électriques. Un code de système d'isolation est un instrument de communication entre l'utilisateur et le fabricant de matériel électrique.

Le code consiste en une suite de chiffres représentant chacun une seule des rubriques nécessaires à l'identification des exigences du service du système d'isolation (voir l'article 2.1).

1.3.7 *Service requirements*: Requirements expressed in terms of factors of influence, intended performance and duty corresponding to service conditions with which electrical equipment has to comply.

1.3.8 *Serviceability*: The ability to function as intended at any particular time.

1.3.9 *Mode of operation*: Characteristic related to the frequency of operation, the duty and the rate of occurrence of external disturbances of different kinds.

1.3.10 *Factor of influence*: Stress or environmental influence acting on insulation in equipment during service.

1.3.11 *Ageing*: Irreversible deleterious changes to the serviceability of insulation systems. Such changes are characterized by a failure rate which increases with time.

1.3.12 *Ageing factor*: Factor of influence producing ageing.

Terms relating to testing

1.3.13 *Functional test*: A test in which the insulation system of an equipment or part thereof or a test model is exposed to ageing factors simulating service conditions, in order to obtain information about serviceability.

1.3.14 *Test model*: A model representative of equipment or part thereof intended for use in a functional test.

1.3.15 *Forced ageing*: The acceleration of ageing by intensifying the level and/or the frequency of application of the ageing factors beyond normal service conditions.

1.3.16 *Accelerated test*: Functional test applying forced ageing in order to reduce the testing time in comparison with intended performance.

1.3.17 *Diagnostic factor*: A stress applied to the insulation of a test specimen in order to establish its state without significantly adding to the ageing.

1.3.18 *End-point criterion*: A selected value of a characteristic of a test specimen indicating its vanishing serviceability or arbitrarily chosen for the purpose of the comparison of insulation systems.

1.3.19 *Proof test*: Application of a fixed level of a diagnostic factor to a test specimen to establish whether the end-point criterion has been reached.

1.4 Coding insulation systems

The use of an insulation system code is a declaration of the capability of an insulation system so identified to function under conditions and with an intended performance as specified in the code.

It is a basic principle that the compliance of an insulation system with the service requirements specified by its code shall be demonstrated either by evaluation of service experience, or by functional tests established by the responsible Technical Committee.

A coding procedure is proposed for the development of codes for insulation systems of particular types of electrical equipment. An insulation system code is an instrument of communication between the user and the manufacturer of electrical equipment.

The code consists of a sequence of digits each representing one item needed for identifying the service requirements of the insulation system (see Clause 2.1).

L'élaboration de codes individuels requiert la définition des exigences du service relatives à l'isolation, et la spécification de leurs niveaux, gammes ou variantes. La codification des systèmes d'isolation requiert la spécification des critères de conformité.

De telles définitions et spécifications sont de la responsabilité exclusive de chaque Comité d'Etudes de matériels, dans le domaine placé sous sa juridiction.

La procédure de codification permet l'élaboration de codes de systèmes d'isolation de matériels de types particuliers, avec des degrés de complication extrêmement variés. Afin de satisfaire les exigences de ceux des Comités d'Etudes qui ont besoin de très peu d'éléments pour caractériser leurs isolations et qui, par conséquent, préféreront nettement des codes brefs, la procédure a été conçue de telle sorte que les codes pour différents matériels puissent être de complexité variable.

L'aspect durée du comportement de l'isolation, c'est-à-dire ce qui a trait à une durée de vie raisonnable, à un nombre de commutations ou quelque autre critère de vie, est un aspect important; il était présent implicitement dans des publications antérieures telles que les règles de charge des matériels et dans la Publication 85 de la CEI: Recommandations relatives à la classification des matières destinées à l'isolement des machines et appareils électriques en fonction de leur stabilité thermique en service (dans laquelle l'expression «Durée de vie acceptable en service» est utilisée).

Dans le présent guide, l'aspect durée est explicité par le concept «performance». La «performance attendue» sera un élément de tous les codes de systèmes d'isolation en tant qu'exigence du service. Les résultats d'essai (ou l'expérience du service) devront être exprimés par une grandeur de même dimension que la performance attendue, et appelée «performance estimée».

Un chiffre de performance attendue est un énoncé de comportement typique de l'isolation sans aucune implication relative à une éventuelle garantie commerciale sur la durée de vie.

Note. – Il existe une tendance à compléter l'aspect durée des critères de conformité par un énoncé de fiabilité. L'introduction de la fiabilité dans les codes pourrait être prise ultérieurement en considération, selon l'évolution et le degré d'acceptation générale de méthodes convenables.

Le nombre de codes de systèmes d'isolation possibles sera normalement élevé, étant le produit du nombre des symboles utilisés pour chacun des éléments. L'élévation de quelques rares codes, parmi tous ceux qui sont possibles, au rang de codes préférentiels de systèmes d'isolation, et le rattachement des procédures d'essai principales à ces codes (voir l'article 2.8 et le paragraphe 3.5.1) permettront de maintenir le nombre de procédures d'essai à un niveau raisonnable.

Un système d'isolation satisfaisant à un code donné peut être admis comme satisfaisant à n'importe quel autre code connu comme étant moins sévère.

1.5 Evaluation fonctionnelle

1.5.1 Principes généraux

Ce guide est fondé sur le principe que la conformité d'un système d'isolation à un code d'exigences du service doit être démontrée soit par une évaluation de l'expérience du service, soit par des essais fonctionnels sur le matériel en vraie grandeur sur l'une de ses parties ou sur des modèles.

L'expérience du service, quand elle est disponible, est une base d'évaluation des systèmes d'isolation pour peu que les variations des conditions de service durant le fonctionnement le permettent.

Les essais fonctionnels peuvent être effectués sur les matériels en vraie grandeur par reproduction de l'action des facteurs de vieillissement existant en service. Chaque fois qu'il est possible, les facteurs de vieillissement devraient agir simultanément si c'est le cas en service. L'intensification d'un ou de plusieurs facteurs d'influence permet d'obtenir des résultats comparatifs dans un temps plus court (voir le paragraphe 3.3.1).

Des modèles peuvent être essayés de la même façon, à la place des matériels en vraie grandeur.

Toute procédure d'essai élaborée conformément au texte ci-dessus devrait faire la preuve qu'elle donne une reproductibilité statistiquement acceptable avant d'être introduite dans une publication de la CEI produite par un Comité d'Etudes de matériels.

1.5.2 Essais fonctionnels

Pour les cas de longue durée de vie, l'évaluation d'un nouveau système d'isolation au moyen d'essais fonctionnels nécessite une comparaison avec un système d'isolation, d'aptitude démontrée en service, soumis aux conditions expérimentales correspondantes.

The development of individual codes requires the definition of the service requirements relevant to the insulation, and the specification of their levels, ranges or variants. Coding insulation systems requires the specification of the compliance criteria.

Such definitions and specifications are the exclusive responsibility of each Equipment Technical Committee, in the domain of its jurisdiction.

The coding procedure enables the development, with widely differing degrees of sophistication, of codes for insulation systems in particular types of equipment. In order to meet the requirements of those Technical Committees which need very few elements to characterize their insulations and which, consequently, will strongly prefer brief codes, the procedure has been developed in such a way that the codes for different equipment may be of different complexity.

The time aspect of insulation behaviour, i.e. the matter of a reasonable lifetime, number of switchings or some other life criterion, is an important aspect and has been implicitly present in earlier publications, e.g. in loading rules for equipment and in IEC Publication 85, Recommendations for the Classification of Materials for the Insulation of Electrical Machinery and Apparatus in Relation to their Thermal Stability in Service (in which the expression “Acceptable life in service” is used).

In this guide, the time aspect is made explicit through the concept “performance”. As a service requirement, “intended performance” will be an element of all insulation system codes. The test results (or service experience) have to be expressed by a quantity of the same dimension as intended performance, which is called “estimated performance”.

An intended performance figure is a statement of typical insulation behaviour without any implication concerning a possible commercial life guarantee.

Note. – There is a trend to supplement the time aspect of the compliance criteria with reliability statements. The introduction of reliability into the codes might be considered in the future depending on the progress and general acceptance of suitable methods.

The number of possible insulation system codes for specific equipment will normally be large, being the product of the numbers of symbols used for each of the elements. Raising some very few of the possible codes to the rank of preferred insulation system codes and relating the main test procedures to these codes (see Clause 2.8 and Sub-clause 3.5.1) will allow the number of test procedures to be kept at a reasonable level.

An insulation system complying with a given code may be taken to comply with any other code which is known to be less severe.

1.5 Functional evaluation

1.5.1 General principles

This guide is based on the principle that compliance of an insulation system with a code of service requirements shall be demonstrated either by evaluation of service experience or by functional tests on full-scale equipment or parts thereof, or on models.

Service experience, when available, is a basis for evaluating insulation systems provided the variation during operation of the service conditions permits.

Functional tests may be performed on full-scale equipment reproducing the action of the ageing factors existing in service. The ageing factors should, where possible, act simultaneously if they do so in service. Intensification of one or more of the factors of influence permits comparative results to be obtained in a shorter time (see Sub-clause 3.3.1).

Instead of full-scale equipment, models may be tested in the same way.

Any test procedure developed in accordance with the above should be proved to give statistically acceptable reproducibility before being introduced into an IEC publication issued by an Equipment Technical Committee.

1.5.2 Functional tests

For long life applications, an evaluation of a new insulation system by means of functional tests requires comparison with a service-proven insulation system subjected to corresponding experimental conditions.

Pour les cas de durée de vie courte, l'isolation du matériel peut être évaluée sans comparaison avec un système d'isolation connu.

L'évaluation de l'aptitude de systèmes d'isolation pour des conditions entièrement nouvelles (ou, éventuellement, de systèmes d'isolation entièrement nouveaux pour des conditions connues) est nécessaire bien que des méthodes largement acceptées ne soient pas disponibles.

De telles évaluations doivent, par conséquent, être abordées sous la forme de tentatives prudentes; une codification ne sera pas possible tant que des règles appropriées n'auront pas été établies par le Comité d'Etudes concerné.

L'utilisation des codes préférentiels réduira le coût des essais, et des essais simples seront possibles dans le cas de légères modifications des systèmes ou des exigences.

1.6 Déduction de la performance estimée

Le comportement d'un système d'isolation soumis aux conditions d'un essai doit être traduit par une valeur de performance estimée. Des règles permettant de traduire les résultats d'essai en performance estimée doivent être données dans une spécification d'essai pour permettre l'attribution d'un code.

Des procédures devront être spécifiées pour déduire la performance estimée de l'expérience du service disponible.

SECTION DEUX – PROCÉDURE DE CODIFICATION DES SYSTÈMES D'ISOLATION

2.1 Codes de systèmes d'isolation: description générale

Le code de système d'isolation consiste en une suite de chiffres (ou la lettre «x») précédée par l'identification du document dans lequel tous les éléments du code sont définis, et par l'énoncé «IS».

La position d'un chiffre dans cette suite définit sans ambiguïté la nature de l'élément du code, et la valeur de ce chiffre précise le niveau, la gamme ou la variante de cet élément.

L'ordre des éléments est le suivant:

T E A M - P D

Les lettres correspondent à:

<i>T</i> (premier chiffre)	=	facteur d'influence thermique
<i>E</i> (deuxième chiffre)	=	facteur d'influence électrique
<i>A</i> (troisième chiffre)	=	facteur d'influence d'environnement (ambiance)
<i>M</i> (quatrième chiffre)	=	facteur d'influence mécanique
<i>P</i> (cinquième chiffre)	=	performance attendue
<i>D</i> (sixième chiffre)	=	mode de fonctionnement

Le groupe *T E A M* contient les facteurs d'influence. Le groupe *P D* représente la performance attendue et le mode de fonctionnement, différenciés de ces facteurs et donc séparés par un tiret.

Les éléments non utilisés situés à la droite du dernier élément employé seront supprimés du code dans chacun des deux groupes. Le groupe *T E A M* peut être réduit depuis sa forme complète jusqu'au premier élément *T*. Les éléments non utilisés situés à la gauche du dernier utilisé doivent être représentés par des zéros. Le groupe *P D* peut être réduit à *P*.

Le code le plus court possible est *T - P*. Un code avec, par exemple, *E*, *A*, *P* et *D* aura la forme: *0 E A - P D*. Des exemples plus complets sont donnés à l'annexe C.

Les Comités d'Etudes de matériels décident quels sont les facteurs d'influence qui les concernent suffisamment pour être inclus dans leurs codes.

Le développement d'un code particulier depuis les utilisations les plus simples jusqu'aux plus avancées est possible dans de larges limites au moyen de révisions périodiques. Si on le désire, les classifications thermiques existantes peuvent être transcrites dans la formulation de la nouvelle procédure de codification.

2.2 Introduction d'éléments de code additionnels

Des facteurs d'influence additionnels peuvent, si besoin est, être introduits dans le code à la suite du quatrième chiffre du groupe des facteurs *T E A M*. Par exemple, l'introduction d'un facteur d'influence «rayonnement» (*R*) conduirait au code *T E A M R - P D*.

De la même façon, des exigences telles que les aspects de sécurité peuvent être introduites à la suite du groupe *P D*. Par exemple, l'introduction de l'élément «inflammabilité» (*F*) conduirait au code *T E A M - P D F*.

For short life applications, the insulation of the actual equipment may be evaluated without comparison with a known insulation system.

The evaluation of the capabilities of insulation systems for radically new conditions (or, possibly, of radically new insulation systems for known conditions) is necessary even though generally accepted methods are not available.

Such evaluations have, consequently, to be approached in a tentative and cautious way, and codification will not be possible until pertinent rules have been established by the appropriate Technical Committee.

The use of preferred codes will reduce testing costs, and simple tests may be possible for slight modifications of systems and requirements.

1.6 Deriving the estimated performance

The behaviour of an insulation system under the conditions of a test shall be expressed by means of an estimated performance value. Rules for translating the test results into estimated performance must be given in a test specification to enable assignment of a code.

Procedures shall be specified for deriving estimated performance from available service experience.

SECTION TWO – INSULATION SYSTEM CODING PROCEDURE

2.1 Insulation system codes: general description

The insulation system code consists of a sequence of digits (or “x”) preceded by the identification of the document in which all elements of the code are defined, and the declaration “IS”.

The position of a digit in the sequence unambiguously defines the kind of code element, and the value of the digit specifies the level, range or variant of the element.

The order of the code elements is as follows:

T E A M – P D

The letters stand for:

<i>T</i> (first digit)	= thermal factor of influence
<i>E</i> (second digit)	= electrical factor of influence
<i>A</i> (third digit)	= ambient (environmental) factor of influence
<i>M</i> (fourth digit)	= mechanical factor of influence
<i>P</i> (fifth digit)	= performance – intended
<i>D</i> (sixth digit)	= duty – mode of operation

The group *T E A M* combines factors of influence. The group *P D* represents intended performance and duty as differentiated from these factors and is therefore kept separate by a hyphen.

Unused elements to the right of the last used element should be deleted from the code in both groups. The group *T E A M* can be reduced successively from the full form to the first element *T*. The unused elements to the left of the last one which is used must be represented by zeros. The group *P D* may be reduced to *P*.

The shortest possible code is *T – P*. A code with, for example, *E*, *A*, *P* and *D* will have the form: *0 E A – P D*. More complete examples are given in Appendix C.

Equipment Technical Committees decide which factors of influence are sufficiently relevant to be included in their codes.

The development through periodic revisions of a particular code from simpler to more advanced uses is possible within wide limits. If desired, the existing thermal classifications may be converted to the formulation of the new coding procedure.

2.2 Introducing additional code elements

Additional factors of influence may, if required, be introduced into the code to follow the fourth digit of the factor group *T E A M*. For example, introducing a factor of influence “radiation” (*R*) would yield the code *T E A M R – P D*.

In the same way, requirements such as the fail-safe aspect may be introduced to follow the group *P D*. For example, introducing the element “flammability” (*F*) would yield the code *T E A M – P D F*.

Quand un élément du code doit comporter deux variantes ou davantage d'un facteur d'influence, par exemple, pression, flexion, chocs et vibrations pour *M*, celles-ci doivent être disposées entre parenthèses à la place du chiffre unique. Un code avec deux éléments «mécaniques» serait alors de la forme *TEA (M₁ M₂) – PD* (voir la note 1 de l'annexe B).

2.3 Identification des codes de systèmes d'isolation

Cette identification doit être une référence non équivoque au document mentionné à l'article 2.1. Un tel document est une publication émanant d'un Comité d'Etudes de matériels.

Le code commence par l'identification du document où sont données les définitions des chiffres utilisés dans les codes pour le matériel en question. Si ce document contient une subdivision des matériels en types ou en parties, et si des codes séparés leurs sont attribués, l'identification sera complétée par une référence additionnelle précédée par un deux-points (:). Par exemple, l'identification pourrait être:

CEI 678-1 (1975)
ou
CEI 34-1: 4a

2.4 Présentation optionnelle (sous forme de tableau)

Si l'on désire présenter les codes sous une forme qui indique de façon explicite la signification des différents éléments du code, la présentation suivante est recommandée:

Identification	<i>T</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>P</i>	<i>D</i>
(par ex. CEI 678) IS						

Cette présentation optionnelle pourrait convenir, par exemple, dans la documentation commerciale.

2.5 Spécification des chiffres du code

Généralement les chiffres de 1 à 9 seront utilisés pour représenter les énoncés concernant les niveaux, gammes ou variantes des éléments du code. Si un élément est considéré comme significatif, mais qu'aucune valeur précise ne puisse lui être attribuée, le symbole x sera utilisé. Le chiffre 0 sera utilisé pour l'énoncé «non présent, ou non considéré comme significatif». Quand l'un quelconque des éléments du code excède le chiffre 9, tous les éléments du code seront séparés par des points-virgules (par exemple [Identification] IS 4; 12; 3; 3-4; 1).

Dans de nombreux cas, l'utilisation d'un petit nombre de chiffres, voire d'un seul sera appropriée. L'utilisation non autorisée de chiffres non définis dans le document de référence sera évitée par l'énoncé de blocage explicite «NA» (non applicable).

Quand les niveaux d'un élément du code sont énumérés dans un ordre de sévérité croissante, les valeurs des chiffres correspondants croîtront également.

Les significations attribuées aux chiffres peuvent être de différentes sortes. Elles peuvent aller de simples énoncés qualitatifs («normal», «durée de vie acceptable dans le matériel») jusqu'à des énoncés quantitatifs avec qualifications («Passé l'essai CEI N° x y z») en passant par des spécifications qualitatives des variantes d'un facteur d'influence («flexion», «tension», «vibration»), semi-quantitatives («5 à 20 démarrages en charge par semaine») ou quantitatives ($130^{\circ}\text{C} < T \leq 155^{\circ}\text{C}$).

Le niveau d'un facteur d'influence peut être défini de façon externe (par exemple, atmosphère, rayonnement), ou être déterminé par les conditions de fonctionnement et le mode de construction combinés (par exemple, contraintes mécaniques, température maximale de l'isolation). Cela peut être pris en considération dans la formulation des énoncés de qualification, par exemple: «Selon le mode de construction, à charge nominale».

2.6 Présentation multiple sous forme de tableau

Pour certains éléments du code, un chiffre plus élevé représentera une exigence plus sévère (par exemple, température). Cela ne sera normalement pas le cas pour d'autres éléments (par exemple, environnements). Un système d'isolation d'un matériel donné peut, après avoir subi les essais fonctionnels requis, se voir attribuer

When a code element is to include two or more variants of a factor of influence, for example, pressure, bending, shock and vibration for *M*, these shall be given in brackets in the position of the single digit. A code with two mechanical elements would thus have the form *TEA (M₁ M₂) – PD* (see Note 1 of Appendix B).

2.3 Identification of insulation system codes

This identification is to be an unequivocal reference to the document mentioned in Clause 2.1. Such a document is a publication of an Equipment Technical Committee.

The code begins with the identification of the document in which the definitions of the digits used in the codes for the particular equipment are provided. If this document contains a sub-division of equipment into types or parts, and separate codes are assigned to them, the identification should be supplemented by an additional reference preceded by a colon (:). For example, the identification could be:

IEC 678-1 (1975)
or
IEC 34-1: 4a

2.4 Alternative format (tabulated)

If it is wanted to present codes in a form which explicitly indicates the meaning of the different code elements, the following format is recommended:

Identification	<i>T</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>P</i>	<i>D</i>
(e.g. IEC 678) IS						(code digits)

This alternative format might be suitable for use, for example, in commercial documentation.

2.5 Specifying the code digits

Generally the digit values 1 to 9 should be used to represent statements regarding levels, ranges or variants of the code elements. If an element is considered significant, but no precise value can be assigned, the symbol *x* should be used. The digit 0 should be used for the statement “not present or not considered to be significant”. When any code element exceeds digit 9, all the code elements will be separated by semicolons (e.g. [Identification] IS 4; 12; 3; 3-4; 1).

In many cases, the use of a few digits or of a single digit will be adequate. Unauthorized use of digits not defined in the reference document should be avoided by the explicit blocking statement “NA” (non-applicable).

When the levels of a code element are listed in an increasing order of severity, the values of the associated digits should also increase.

The meanings attributed to digits may be of different types. They may range from simple qualitative statements (“normal”, “acceptable life in equipment”), qualitative specifications of the variant of a factor of influence (“bending”, “tension”, “vibration”) to semi-quantitative (“heavy starts 5 to 20 per week”), quantitative ($130\text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 155\text{ }^{\circ}\text{C}$) and quantitative with qualifications (“Passed IEC test No. *x y z*”).

The level of a factor of influence may be externally defined (e.g. atmosphere, radiation), or it may be determined by the operating conditions and the design in combination (e.g. mechanical stresses, maximum insulation temperature). This may be taken into account in the formulation of qualifying statements, for example: “As designed, at rated load”.

2.6 Multiple tabulated format

For some code elements, a higher digit will represent more severe requirements (e.g. temperature). This will not normally be the case for other elements (e.g. environments). One insulation system in a certain equipment may, after the required functional testing, be given two or several codes with different digit values for such

deux ou plusieurs codes avec des chiffres différents pour de tels facteurs d'influence. Par exemple, si le système satisfait aux énoncés fixes $T = 5$, $E = 5$, $P = 1$, mais aussi aux deux énoncés $A = 4$ (atmosphère industrielle polluée) et $A = 6$ (ambiance tropicale), ce système d'isolation hypothétique mériterait les codes IS 554-1 et IS 556-1.

Dans de tels cas, la présentation optionnelle de l'article 2.4 peut être utilisée avec des cases multiples. Par exemple, dans le cas mentionné ci-dessus, ce tableau pourrait se présenter ainsi:

Identification	T	E	A	P
(.....) IS	5	5	4	1
(.....) IS	5	5	6	1

2.7 Eléments du code

2.7.1 Facteur d'influence thermique (T)

Ce facteur d'influence représentera habituellement la température (moyenne ou maximale) de l'isolation. Les Comités d'Etudes de matériels sont libres de choisir les températures de leur convenance. Cependant, s'il n'existe aucun motif technique impératif de procéder autrement, il est recommandé que les températures soient spécifiées avec des intervalles de 25°C, que 130°C soit l'une de ces valeurs, et que cette valeur soit représentée par le chiffre 4.

2.7.2 Facteur d'influence électrique (E)

Habituellement, E sera exprimé comme une tension et/ou un champ électrique et/ou une surtension (régime transitoire). Lorsqu'ils spécifieront E , les Comités d'Etudes admettront que le champ électrique est normalement un paramètre de construction. Si les tensions normales de service et les surtensions doivent être spécifiées simultanément, un élément additionnel (voir l'article 2.2) pourrait être introduit dans le code.

2.7.3 Facteur d'influence d'environnement (A)

Chaque fois que ce sera possible, il sera fait référence aux environnements normalisés spécifiés dans les publications de la CEI et de l'ISO. Dans la plupart des cas, quelques environnements seulement devront être précisés pour les codes relatifs à un matériel particulier. Cependant, le nombre total d'environnements étant très grand, il n'est pas recommandé de les représenter par des énoncés communs appliqués uniformément dans tous les codes relatifs aux différents matériels. L'introduction d'éléments additionnels peut être requise (voir l'article 2.2).

2.7.4 Facteur d'influence mécanique (M)

Les contraintes mécaniques qui agissent sur l'isolation en service et leurs effets sur la vie de l'isolation sont, dans de nombreux cas, difficiles à spécifier quantitativement. Souvent, des énoncés qualitatifs pourront être appropriés. Dans d'autres cas, il faudra élaborer des spécifications quantitatives.

Il pourrait être souhaitable, dans quelques cas, de définir les contraintes mécaniques au moyen de leurs causes (par exemple, courant par encoche dans les conditions de service nominales ou en cas de court-circuit). Le facteur M peut, dans certains cas, nécessiter l'introduction d'éléments additionnels (voir l'article 2.2).

2.7.5 Performance attendue (P)

Le comportement d'un système d'isolation soumis à des conditions de fonctionnement données est exprimé par sa performance estimée, établie à partir des essais fonctionnels ou de l'expérience du service existante.

Le niveau de P sera relié à la performance estimée selon une procédure spécifiée.

2.7.6 Mode de fonctionnement (duty) (D)

Cette caractéristique peut être reliée à la fréquence de manœuvres, au type de charge et à la cadence à laquelle surviennent des perturbations extérieures de différentes sortes.

factors of influence. For example, if the system complies with the constant statements $T = 5$, $E = 5$, $P = 1$, but with the two A -statements $A = 4$ (industrial polluted atmosphere) and $A = 6$ (tropical environment), this hypothetical insulation system would merit the codes IS 554-1 and IS 556-1.

In such cases the alternative format of Clause 2.4 may be used in a multiple box. For example, in the case given above, this table could be as follows:

Identification	T	E	A	P
(.....) IS	5	5	4	1
(.....) IS	5	5	6	1

2.7 Code elements

2.7.1 Thermal factor of influence (T)

This factor of influence will usually represent insulation temperature (mean or maximum). Technical Equipment Committees are free to choose temperatures at their own discretion. However, if there are no compelling technical reasons to do otherwise, it is recommended that temperatures shall be specified with 25 °C intervals, that 130 °C be one of the values, and that this value be represented by the digit 4.

2.7.2 Electrical factor of influence (E)

Usually, E will be specified in terms of voltage and/or stress and/or over-voltages (transients). When specifying E , Technical Committees will recognize that electrical stress is normally a design parameter. If both normal service voltages and over-voltages are to be specified, an additional code element (see Clause 2.2) might be introduced.

2.7.3 Environmental factor of influence (A)

Whenever possible, standard environments specified in IEC and ISO publications should be referred to. In most cases only a few environments will have to be stated for the codes for a particular equipment. However, since the total number of environments is very large, it is not recommended that they be represented by common statements applied uniformly in all codes for different equipments. The introduction of additional elements may be required (see Clause 2.2).

2.7.4 Mechanical factor of influence (M)

The mechanical stresses acting on insulation in service and their effects on insulation life are, in many cases, difficult to specify quantitatively. Often qualitative statements may be adequate. In other cases, quantitative specifications need to be developed.

It might be desirable, in some cases, to define the mechanical stress in terms of its cause (e.g. current per slot in rated service or under short-circuit conditions). Factor M may, in certain cases, require the introduction of additional elements (see Clause 2.2).

2.7.5 Performance – intended (P)

The behaviour of an insulation system under given operating conditions is expressed by its estimated performance, which is determined from functional tests or available service experience.

The P -level will be related to the estimated performance according to specified procedure.

2.7.6 Duty – mode of operation (D)

This characteristic can be related to the frequency of operation, the duty type and the rate of occurrence of external disturbances of different kinds.

2.8 Codes préférentiels des systèmes d'isolation

Les codes de systèmes d'isolation représentent les exigences du service pour l'isolation des matériels particuliers. Le nombre de codes possibles sera donc normalement élevé. Si le nombre d'essais correspondants devait être effectué, le nombre d'expériences exigées deviendrait inacceptable dans la plupart des cas.

Un très petit nombre de codes, extraits de la liste complète des codes possibles, peuvent alors être choisis pour constituer ce qui sera désigné par «les codes préférentiels». Un code préférentiel représentera normalement un ensemble d'exigences du service choisies comme étant typiques, bien qu'elles puissent aussi être sélectionnées pour représenter des exigences extrêmes.

Chaque code préférentiel couvrira normalement un certain nombre de ceux qui ne sont pas préférentiels. Quand les codes préférentiels auront été établis, tous les codes ordinaires couverts par chacun d'eux seront énumérés. Les Comités d'Etudes de matériels décideront quels sont les codes qui devront être inclus et définiront les procédures d'essai relatives aux codes préférentiels.

Un essai unique correspondant à un code préférentiel et couvrant les exigences représentées par plusieurs codes sera utilisé chaque fois que possible. Cela signifie que, quand les exigences du service pour l'isolation d'un certain matériel sont énoncées par un code, le système d'isolation qui satisfera au code préférentiel immédiatement supérieur sera habituellement choisi.

Exemple. – Considérons un système d'isolation hypothétique qui doive supporter les conditions suivantes d'environnement, avec les chiffres associés correspondants pour le facteur *A*:

Humidité	1
Anhydride sulfureux	3
Sable	5
Humidité + anhydride sulfureux	7

Si nous considérons que les chiffres du code correspondant à *T*, *E* et *P* sont constants, soit respectivement 3, 1 et 1, il existe quatre codes possibles qui sont:

(Identification) IS 311-1
(Identification) IS 313-1
(Identification) IS 315-1
(Identification) IS 317-1

Le Comité d'Etudes de matériels responsable peut choisir le dernier code (soit [Identification] IS 317-1) comme «code préférentiel».

Un système d'isolation qualifié pour le code représenté par les chiffres 317-1 sera, selon les règles établies par ce Comité d'Etudes de matériels, également qualifié pour 311-1 et 313-1, mais pas pour 315-1, parce que le sable *n'est pas* compris dans les facteurs d'influence relatifs au code représenté par les chiffres 317-1.

Note. – Des règles générales, donnant une base de sélection des codes préférentiels, seront préparées par le Comité d'Etudes 63.

2.9 Codification sur la base de l'expérience du service

Voir l'article 3.7.

2.10 Présentation des codes de systèmes d'isolation dans les normes de matériels

Des exemples de spécifications de codes hypothétiques, pour deux sortes de matériels, sont donnés à l'annexe C.

SECTION TROIS – PROCÉDURES D'ÉVALUATION FONCTIONNELLE

3.1 Généralités

Les procédures d'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation seront conçues de telle sorte qu'elles assurent un niveau de confiance suffisant à des coûts raisonnables.

Il faut veiller à ce que les spécifications d'essai ne restreignent pas la liberté du constructeur du matériel dans le choix du meilleur compromis fondé sur son expérience et ses connaissances.

Les systèmes d'isolation destinés aux équipements ayant une durée de vie typique en service largement supérieure à une durée raisonnable pour un essai, nécessiteront normalement des essais accélérés effectués sur le matériel, sur l'une de ses parties ou sur des modèles, avec une procédure d'évaluation fondée sur une

2.8 Preferred insulation system codes

Insulation system codes represent service requirements for the insulation of particular equipment. The number of possible codes therefore will normally be substantial. If the corresponding number of tests were to be performed, the required amount of testing would become unacceptable in most cases.

Some very few codes of the whole code list may therefore be selected to form what will be termed “preferred codes”. A preferred code will normally represent a set of service requirements chosen as being typical, although it may also be chosen to represent extreme requirements.

Each preferred code will normally cover a number of those which are not preferred. When the preferred codes have been established, all the ordinary codes covered by each of them should be listed. The Equipment Technical Committee should decide which codes are to be included and define testing procedures for the preferred codes.

A single test corresponding to a preferred code for the requirements represented by several codes should be used wherever possible. This means that when the service requirements for the insulation of a certain equipment are stated by a code, the insulation system shown to comply with the next higher preferred code will usually be chosen.

Example. – Consider hypothetical insulation systems which must withstand the following ambient conditions having the associated digit values for *A*:

Humidity	1
Sulphur dioxide	3
Sand	5
Humidity + sulphur dioxide	7

If we consider the code digits for *T*, *E* and *P* to be constant, 3, 1 and 1 respectively, there are four possible codes, viz.:

(Identification) IS 311-1
(Identification) IS 313-1
(Identification) IS 315-1
(Identification) IS 317-1

The responsible Equipment Technical Committee may choose the last code (i.e. [Identification] IS 317-1) as “preferred code”.

An insulation system qualified for the code with the digit sequence 317-1 will, according to the rules established by this Equipment Technical Committee, also qualify for 311-1 and 313-1, but not for 315-1, because sand is *not* included in the factors of influence relevant to the code digit sequence 317-1.

Note. – General rules, providing a basis for the selection of preferred codes, will be prepared by Technical Committee 63.

2.9 Coding based on service experience

See Clause 3.7.

2.10 Presentation of insulation system codes in equipment standards

Examples of hypothetical code specifications for two kinds of equipment are given in Appendix C.

SECTION THREE – PROCEDURES FOR FUNCTIONAL EVALUATION

3.1 General

Procedures for the functional evaluation of insulation systems should be constructed to provide acceptable confidence at reasonable costs.

Care must be taken that the test specification does not restrict the freedom of the equipment designer to select the best compromise, using his experience and knowledge.

Insulation systems for equipment with a typical service life considerably exceeding a reasonable testing time will normally require accelerated testing, with an evaluation procedure based on extrapolation, on equipment or parts thereof or models. In the present state of the art, such tests are based on comparison with a known

extrapolation. L'état actuel des connaissances implique que de tels essais soient fondés sur une comparaison avec un système d'isolation connu (de référence) qui ait fait la preuve de son aptitude en service dans un matériel similaire. Le système de référence devra être qualifié pour le code envisagé ou pour un code relativement peu différent. Plus d'un niveau d'essai sera habituellement exigé, selon le cas d'évaluation (voir les paragraphes 3.5.1 et 3.5.2).

Pour les matériels à courte durée de vie, les essais peuvent être faits sur les matériels ou sur des modèles, sans accélération ni extrapolation des résultats d'essai, peut-être en réduisant ou en négligeant les périodes de repos dans les cas où elles n'affectent pas l'aptitude au service.

Dans de tels cas, un seul niveau d'essai correspondant aux conditions de service spécifiées peut être suffisant.

3.2 Essais fonctionnels: éprouvettes d'essai

Partout où ce sera possible, le matériel lui-même sera utilisé pour déterminer la performance estimée du système d'isolation. Les systèmes d'isolation peuvent être évalués par des modèles plutôt que par des équipements en vraie grandeur quand cela est nécessité par des raisons de dimensions et de commodité. Les modèles seront construits de telle sorte qu'ils contiennent les éléments essentiels du matériel qu'ils simulent, en veillant à ce qu'il soit possible d'imposer des processus de vieillissement semblables à ceux existant en service.

Dans beaucoup de cas, le comportement du système d'isolation dépend de façon significative du mode de construction des éléments essentiels (par exemple, disposition des canaux de refroidissement dans l'encoche du stator des générateurs refroidis à l'air). Tous les détails caractéristiques concernés du mode de construction devraient être représentés dans le modèle.

Il est souhaitable de ne spécifier qu'un seul modèle d'essai pour un système d'isolation donné. Cela pourrait être le cas lorsque tous les facteurs d'influence peuvent être appliqués au même modèle, de préférence simultanément. Si cela n'est pas possible ou pas pratique, il pourrait être avantageux de spécifier plusieurs (deux ou trois) modèles plus simples destinés à des essais supplémentaires venant en complément ou même en remplacement du modèle plus compliqué correspondant à l'essai principal (voir le paragraphe 3.3.1).

Si nécessaire, des essais de déverminage seront prévus pour s'assurer de l'uniformité des modèles en essai.

Quand une réduction des dimensions des modèles est effectuée, les points suivants devraient être pris en considération:

- Utiliser le même procédé de fabrication pour les échantillons que pour le matériel en production (par exemple, la polymérisation des résines doit être la même).
- Quand une contrainte thermique est appliquée, avoir, le cas échéant, le même gradient de température dans le modèle et dans le matériel, afin d'aboutir à la même dilatation différentielle. Dans ce cas, il pourrait aussi être nécessaire de faire des essais sur des échantillons en vraie grandeur.
- Si une contrainte électrique est concernée, concevoir alors le modèle de façon à produire des champs électriques locaux de même valeur que dans le matériel.
- Si une diffusion des gaz dans l'isolation est en cause, l'aire de la surface libre et le volume de l'isolation du modèle seront dimensionnés de telle façon que la constante de temps de diffusion soit approximativement la même que dans le matériel en vraie grandeur.
- Lorsqu'une contrainte mécanique est appliquée, éviter les phénomènes de résonance mécanique indésirables.

Le nombre d'échantillons d'essai pour un essai fonctionnel particulier dépend des caractéristiques du programme d'essai (voir les paragraphes 3.4.1, 3.5.1 et 3.5.2).

3.3 Essais fonctionnels: procédure de vieillissement

3.3.1 Généralités

L'une des caractéristiques des essais fonctionnels est l'application à l'objet en essai de tous les facteurs d'influence concernés. De façon idéale, les contraintes agissant simultanément en service seront appliquées simultanément.

Il est reconnu que l'application rigoureuse de cette règle générale peut ne pas être toujours possible parce qu'un savoir-faire mondialement répandu n'existe pas pour permettre l'interprétation des résultats d'essais fonctionnels comportant l'accélération simultanée de plusieurs contraintes de vieillissement. En outre, une application simultanée des contraintes rendrait, dans bien des cas et de façon inacceptable, les essais fonctionnels compliqués et onéreux.

(reference) insulation system which is service-proven in similar equipment. The reference system should qualify for the envisaged or a moderately different code. More than one test level will usually be required, depending on the evaluation case (see Sub-clauses 3.5.1 and 3.5.2).

For short-life equipment, tests may be made on equipment or models without acceleration or extrapolation of the test results, possibly by shortening or neglecting rest periods in cases where they do not affect the serviceability.

In such cases, one test level corresponding to the specified service conditions may be sufficient.

3.2 Functional tests: test specimens

Wherever practicable, the equipment itself should be used for the determination of the estimated performance of the insulation system. Insulation systems may be evaluated by models rather than by full-size equipment when required because of size and convenience. Models should be made to embody the essential elements of the equipment they simulate, taking care to provide that ageing processes similar to those in service can be imposed.

In many cases the behaviour of the insulation system depends significantly on the design of the essential elements (e.g. design of the cooling ducts in the slot of the stator of air-cooled generators). All relevant characteristic details of the design should be represented in the model.

It is desirable to specify only one test model for a certain insulation system. This could be the case when all the factors of influence can be applied to the same model, preferably simultaneously. If this is not possible or practical, it would be advantageous to specify several (two or three) simpler models for use in supplementary tests, in addition to or even instead of the more complicated model for the main test (see Sub-clause 3.3.1).

If necessary, screening tests should be included to assure uniformity of the models being tested.

When size reduction of the model is applied, the following should be considered:

- The same manufacturing process should be used for the specimens as for the equipment in production (e.g. the polymerization of resins must be the same).
- When a thermal stress is applied, to have, if relevant, the same thermal gradient in the model and in the equipment, in order to achieve the same differential expansion. In this case, it might also be necessary to test full-size specimens.
- If electric stress is relevant, then the model should be designed to give local electrical fields of the same magnitude as in the equipment.
- If diffusion of gases in insulation is relevant, the free surface area and volume of the model insulation should be dimensioned so that the diffusion time constant is approximately the same as in full-size equipment.
- When mechanical stress is applied, to avoid unwanted mechanical resonance phenomena.

The number of test specimens for a particular functional test depends on the features of the test programme (see Sub-clauses 3.4.1, 3.5.1 and 3.5.2).

3.3 Functional tests: ageing procedure

3.3.1 General

A characteristic of functional testing is the application of all relevant factors of influence to the test object. Ideally, stresses that act at the same time in service should be applied simultaneously.

It is recognized that the rigorous application of this general rule may not always be possible because world-wide know-how is not available to permit the interpretation of results of functional tests involving the simultaneous acceleration of several ageing stresses. Moreover, simultaneous application of stresses would, in many cases, make functional tests unacceptably complicated and expensive.

C'est pourquoi des procédures simplifiées peuvent devoir être adoptées, même si l'on sait que des contraintes agissant simultanément peuvent provoquer des interactions qui changent les mécanismes de vieillissement. L'absence de telles interactions durant des essais ne comportant l'application que d'une seule contrainte interdit la superposition des résultats de tels essais pour avoir une indication des résultats correspondant à l'application simultanée de ces contraintes.

Dans les matériels électriques, ou bien un facteur d'influence dominera le processus de vieillissement, ou bien plus d'un facteur de vieillissement sera important. Ce qui suit illustre cette alternative:

1) Un seul facteur de vieillissement prépondérant

Le facteur d'influence prépondérant est appliqué durant la procédure de vieillissement. D'autres facteurs peuvent être utilisés à des niveaux normaux pendant le vieillissement et/ou comme facteurs de diagnostic pour déterminer une fin de vie.

2) Plus d'un facteur de vieillissement important

Dans ce cas, trois méthodes d'évaluation possibles peuvent être utilisées:

a) Tous les facteurs de vieillissement sont appliqués simultanément. Dans ce cas, des interactions peuvent se produire. Des facteurs de diagnostic peuvent être utilisés pour déterminer une fin de vie, bien que cette méthode de vieillissement soit habituellement bien adaptée pour des essais ininterrompus jusqu'à la rupture. Cette méthode est idéale, mais elle n'est pas utilisable dans l'immédiat pour de nombreux types de matériels électriques.

b) Chacun des facteurs de vieillissement est appliqué successivement de façon cyclique. Dans ce cas, aucune interaction n'est possible, mais des réactions à des conditionnements précédents le sont. Des facteurs de diagnostic peuvent être utilisés pour déterminer une fin de vie.

c) Chacun des facteurs de vieillissement est traité individuellement, de la même façon que lorsqu'un seul facteur est important. Dans ce cas, aucune interaction n'est possible.

La différence entre les facteurs de vieillissement et les facteurs de diagnostic, appliqués pour déterminer la fin de la vie utile, doit être gardée présente à l'esprit (voir l'article 3.4).

3.3.2 Accélération des essais fonctionnels

L'accélération est obtenue par des vieillissements forcés. Dans quelques cas, des règles de transformation permettant une estimation du facteur d'accélération peuvent en être tirées lorsque le mécanisme du processus de vieillissement est connu (par exemple, quand le logarithme de la durée de vie est proportionnel à l'inverse de la température absolue si le vieillissement se produit par une réaction chimique du premier ordre, ou quand la durée de vie est inversement proportionnelle à la fréquence dans les vieillissements dus aux décharges partielles en courant alternatif).

Dans l'état actuel des connaissances, l'accélération des essais est habituellement obtenue par une intensification ou une accélération d'un seul des divers facteurs de vieillissement appliqués simultanément.

Pour les applications à longue durée de vie, un fort degré d'accélération est souhaité pour aboutir à une durée d'essai relativement courte, mais la corrélation entre les essais et la réalité devient de moins en moins sûre lorsque l'accélération s'accroît.

3.3.3 Vérification de la non-modification du mécanisme de vieillissement

L'un des principes des essais de vieillissement accélérés est de maintenir l'intensification des contraintes à un niveau minimal, de façon à réduire les risques d'introduction de modifications des mécanismes.

Un contrôle des plus utiles consiste à faire l'essai à plusieurs niveaux de contrainte et à observer les changements possibles de la courbure de la courbe de vie ou d'une caractéristique en fonction du niveau de cette contrainte. Par exemple, si le mécanisme de vieillissement thermique est modifié par un accroissement de température, cela peut se traduire par une non-linéarité nette de la courbe représentant le logarithme du temps jusqu'à la rupture en fonction de l'inverse de la température absolue.

Les modifications du mécanisme peuvent être décelées par inspection visuelle s'il existe un changement dans la localisation des défauts lorsqu'on augmente l'amplitude et la fréquence des contraintes.

Les modifications d'un mécanisme de vieillissement peuvent aussi être décelées par une analyse chimique quantitative ou qualitative des produits de réaction, par une analyse microscopique, par chromatographie en phase gazeuse, par thermogravimétrie ou par analyse thermique (analyse thermique différentielle, analyse calorimétrique différentielle, etc.).

Therefore simplified procedures may have to be adopted, even though it is known that simultaneously acting stresses may cause interactions which change the ageing mechanisms. The absence of such interactions during tests with only single stresses applied forbids the results of such tests being superposed to indicate the results of simultaneous application of these stresses.

In electrical equipment, either one factor of influence will dominate the ageing process, or more than one ageing factor is important. The following illustrates the alternatives:

1) One dominant ageing factor

The dominant factor of influence is applied during the ageing process. Other factors may be at normal levels during ageing and/or be used as diagnostic factors to determine an end-point.

2) More than one important ageing factor

In this case, three possible methods of evaluation can be used:

a) All ageing factors are applied simultaneously. In this case interactions may occur. Diagnostic factors may be used to determine an end-point, although this approach is usually suited to continuous testing to failure. This is the ideal approach, but is impractical on many types of electrical equipment at this time.

b) Each ageing factor is applied successively in a cyclic manner. In this case, no interactions are possible, but reactions to previous conditionings are possible. Diagnostic factors may be used to determine an end-point.

c) Each ageing factor is treated individually, as when one factor is important. In this case, no interactions are possible.

The difference between ageing factors and diagnostic factors, which are applied for assessing the end of useful life, should be borne in mind (see Clause 3.4).

3.3.2 Acceleration of functional tests

Acceleration is obtained by forced ageing. In some cases, transformation rules enabling estimation of the acceleration factor can be deduced when the mechanism of the ageing process is known (e.g. that the logarithm of life-time is proportional to the reciprocal absolute temperature if ageing takes place by a first order chemical reaction, or that the life-time is inversely proportional to the frequency for ageing by partial discharges at a.c.).

In the present state of the art, test acceleration is usually obtained by intensifying or accelerating only one of the several ageing factors applied simultaneously.

For long-life applications, a high acceleration is desired to obtain a relatively short test time, but the correlation between test and reality becomes increasingly uncertain with increasing acceleration.

3.3.3 Verification of unchanged ageing mechanism

One principle of accelerated ageing tests is to keep the intensification of stresses to a minimum, thus reducing the risk of introducing a change of mechanism.

A most useful control consists of testing at several stress levels and observing possible changes in the curvature of the life or property curve as a function of the stress level. For example, if the mechanism of thermal ageing is changed with increase in temperature, this may be recognized by a distinct non-linearity of the plot of the logarithm of the time-to-failure versus the reciprocal absolute temperature.

Changes of mechanism may be detected by visual inspection if there is a change in the location of failures with increasing magnitude and frequency of stresses.

Changes of an ageing mechanism may also be recognized by quantitative or qualitative chemical analysis of reaction products, by microscopic analysis, by gas chromatography, by thermogravimetry or by thermal analysis (differential thermal analysis, differential scanning calorimetry, etc.).

3.3.4 Application et intensification des principaux facteurs d'influence

3.3.4.1 Généralités

Une liste de quelques facteurs d'influence importants, fondée sur un inventaire des contraintes dans différentes sortes de matériels, est donnée à l'annexe B.

Un facteur de vieillissement peut être appliqué à des échantillons prévieillis par un facteur différent.

En plus de leur utilisation comme facteurs de vieillissement, l'humidité, les contraintes mécaniques et/ou les tensions d'épreuve peuvent être utilisées comme facteurs de diagnostic.

3.3.4.2 Température

Le chauffage en étuve permet le contrôle et l'enregistrement les plus sûrs de l'exposition à la température, mais ne peut pas permettre les gradients thermiques. Quand ceux-ci sont un facteur de vieillissement important, un chauffage interne devra être aménagé.

Une exposition à des températures basses devra être effectuée quand une température ambiante basse représente les conditions de vieillissement les plus sévères (parfois avec un vieillissement électrique ou mécanique).

Les niveaux de température seront spécifiés comme étant stationnaires pendant des périodes définies, ou cycliques entre des limites établies sur la base des exigences du service.

3.3.4.3 Contrainte électrique

Il faudra distinguer les cas suivants:

- tension de travail;
- surtensions (régimes transitoires) de différentes sortes se produisant en service.

Le vieillissement électrique est particulièrement important en liaison avec des mécanismes tels que décharges partielles, cheminements en surface et transport d'ions par électrolyse. L'augmentation de la valeur de la tension accroît en général l'intensité des décharges partielles et leur action d'une façon pas du tout linéaire. Dans de nombreux cas, les effets des décharges partielles peuvent, dans une certaine limite, être accélérés de façon linéaire en augmentant la fréquence de la tension appliquée. Quand une haute tension à fréquence accrue est appliquée, il faut prendre garde d'éviter un échauffement excessif de l'objet sous l'effet d'un accroissement des pertes diélectriques.

La simulation accélérée des surtensions (régimes transitoires) est possible par un accroissement de leur nombre par unité de temps, tout en maintenant leur niveau et leur forme aux valeurs du service. On admet alors que le mécanisme de vieillissement n'est pas modifié.

3.3.4.4 Humidification

L'humidité est reconnue comme l'une des principales causes de variation des propriétés des isolations électriques, aussi bien du point de vue chimique que physique. Là où une stabilité hydrolytique est importante, l'accélération peut être effectuée par une combinaison appropriée d'humidité et de température.

3.3.4.5 Environnements spéciaux

Les conditions d'accélération seront soigneusement considérées dans chaque cas individuel, car aucune connaissance générale n'existe concernant des relations quantitatives entre la vitesse de vieillissement et la concentration en agents chimiques, humidité et autres facteurs d'environnement. Quand le matériel fonctionne dans des conditions atmosphériques particulières ou est immergé dans un liquide, les conditions d'essai simuleront les conditions de service.

3.3.4.6 Contraintes mécaniques

Quand la pression, les vibrations, les chocs ou les cycles thermiques sont des facteurs de vieillissement significatifs, les essais fonctionnels comprendront une exposition à de telles conditions.

En ce qui concerne les contraintes mécaniques alternatives, une accélération par accroissement du niveau et de la fréquence est possible, bien que les données publiées sur les mécanismes et leur évolution avec l'amplitude et la fréquence des contraintes, lorsqu'on évalue des systèmes d'isolation, soient très limitées.

Les résonances mécaniques involontaires doivent être évitées.

3.3.4 *Application and intensification of main factors of influence*

3.3.4.1 *General*

A list of some important factors of influence, based on an inventory of stresses in different kinds of equipment, is provided in Appendix B.

An ageing factor may be applied to specimens pre-aged by a different factor.

In addition to their use as ageing factors, humidity, mechanical stress and/or proof voltage may be used as diagnostic factors.

3.3.4.2 *Temperature*

Oven heating provides the most consistent control and recording of temperature exposure, but may not allow for temperature gradients. Where these are an important ageing factor, internal heating should be provided.

Exposure to low temperature should be applied when low ambient temperature represents the most severe ageing conditions (sometimes with electrical or mechanical ageing).

Temperature levels should be specified as steady-state for definite periods, or cycles between established limits based on service requirements.

3.3.4.3 *Electrical stress*

A distinction should be made between the following cases:

- working voltage;
- over-voltages (transients) of different kinds occurring in service.

Electrical ageing is particularly important in connection with mechanisms such as partial discharges, tracking and electrolytic ion transport. Raising the voltage amplitude usually increases partial discharge intensity and action in a strongly non-linear way. In many cases, partial discharge effects can be accelerated in a linear way, up to a limit, by raising the frequency of the applied voltage. When high voltage at increased frequency is applied, care must be taken to avoid excessive heating of the object due to increased electrical losses.

The accelerated simulation of over-voltages (transients) is possible by increasing the number of applications per unit time while maintaining the level and shape of the service surge voltage. It is assumed that the ageing mechanism will not change.

3.3.4.4 *Humidification*

Humidity is recognized as one of the main causes of variation in the properties of electrical insulation, both from a chemical and a physical point of view. Where hydrolytic stability is important, acceleration may be accomplished by an appropriate combination of humidity and temperature.

3.3.4.5 *Special environments*

Acceleration conditions should, in every individual case, be carefully considered because no general knowledge is available about quantitative relations between the rate of ageing and the concentration of chemicals, humidity and other environmental factors. When the equipment operates under peculiar atmospheric conditions or is immersed in a liquid, the test conditions should simulate the service conditions.

3.3.4.6 *Mechanical stress*

When pressure, vibration, impact or thermal cycling are relevant ageing factors, the functional tests should include exposure to such conditions.

When considering alternating mechanical stresses, acceleration by increased magnitude and frequency is possible, although only limited data have been published about the mechanisms and their changes with the magnitude and frequency of the stresses when evaluating insulation systems.

Unintended mechanical resonances have to be avoided.

3.3.4.7 Contraintes thermomécaniques alternatives

De telles contraintes sont causées principalement par des différences de coefficients de dilatation thermique du métal et de l'isolation et par l'apparition de différences de températures dans le système, par exemple de gradients de température au sein de la paroi isolante.

Une accélération est possible en augmentant les différences de température sans dépasser les maximums et minimums normaux, en accroissant les possibilités de chauffage et de refroidissement de l'équipement d'essai.

Cette méthode augmentera aussi la fréquence d'application de la contrainte.

3.4 Essais fonctionnels: estimation de l'état des échantillons et critères de fin de vie

3.4.1 Généralités

L'état des échantillons d'essai est estimé en mesurant les modifications d'une ou de plusieurs propriétés liées au service, ou en appliquant un facteur de diagnostic. Une fin de vie est définie soit en termes absolus (valeur d'une propriété ou niveau d'une contrainte de diagnostic), soit en termes relatifs (modification d'une valeur d'une propriété exprimée en pourcentage de la valeur initiale).

Il faudra distinguer les cas suivants:

A – Procédure de vieillissement.

A.1 – Continue.

A.2 – Cyclique.

B – Evaluation de l'état des échantillons.

B.1 – Mesure non destructive d'une ou de plusieurs propriétés.

B.1.1 – Contrôle continu.

B.1.2 – Mesures périodiques.

B.2 – Application périodique d'une contrainte d'essai spécifiée (épreuve).

B.3 – Détermination destructive d'une propriété.

B.4 – Rupture sous la contrainte de vieillissement.

La méthode B.1 peut être utilisée en combinaison avec les procédures, soit A.1, soit A.2. Si les mesures sont enregistrées de façon continue, ou par explorations fréquentes (B.1.1), le temps jusqu'à la rupture est obtenu directement, et si des mesures périodiques sont effectuées (B.1.2), ce temps peut être interpolé à partir d'un graphique représentant l'évolution de cette propriété en fonction du temps.

Dans les deux cas, le temps jusqu'à la rupture est déterminé pour chaque échantillon comme une variable continue, et la vitesse d'évolution de la propriété se déduit des mesures.

La méthode B.2 est utilisée le plus fréquemment en liaison avec la procédure A.2. L'épreuve détermine si, pour un échantillon, la propriété contrôlée est toujours à l'intérieur des limites de la contrainte d'épreuve (critère de fin de vie) ou non. Si l'épreuve est appliquée, par exemple, à la fin de chaque cycle de vieillissement, le temps jusqu'à la rupture est défini comme le point milieu d'un cycle, et est donc une variable discontinue. Puisque la variation de la propriété en fonction du temps n'est pas mise en évidence par l'essai, la méthode ne donne pas autant d'informations que la méthode B.1.

La méthode B.3 peut être utilisée avec les procédures, soit A.1, soit A.2. A chaque période de mesure, un nombre d'échantillons prédéterminé est examiné, puis éliminé. Puisque les valeurs de la propriété sont déterminées à chaque mesure sur des échantillons différents, cette méthode est plus sensible aux variations entre échantillons que les méthodes ci-dessus. Il n'est pas possible d'obtenir les temps jusqu'à la rupture pour les échantillons individuels, mais les résultats indiquent la tendance générale d'évolution d'une propriété en fonction du temps, et une valeur moyenne du temps jusqu'à la rupture à chaque contrainte de vieillissement. Dans un tel essai, on prêtera particulièrement attention non seulement à un changement moyen de la caractéristique, mais aussi à sa dispersion.

La méthode B.4 s'applique en général à la procédure A.1 et conduit aux temps vrais jusqu'à la rupture.

3.4.2 Critères de fin de vie

Dans la plupart des cas, une tension d'épreuve est apte à mettre en évidence une modification significative de la qualité de l'isolation du système sous l'effet du vieillissement. En général, une tension définie sera appliquée de façon périodique. La nature et le niveau de la tension d'essai doivent être précisés et seront choisis de telle sorte que le vieillissement qui en résulte soit aussi faible que possible.

3.3.4.7 *Alternating thermomechanical stress*

Such stresses are mostly caused by the different thermal expansion coefficients of metal and insulation and the occurrence of temperature differences in the system, e.g. temperature gradients through the insulation wall.

Acceleration is possible by increasing temperature differences without exceeding normal maxima or minima, by providing increased heating and cooling capability in the test apparatus.

This method will also increase the frequency of stress application.

3.4 **Functional tests: assessing the state of the specimens and end-point criteria**

3.4.1 *General*

The state of the test specimens is assessed by measuring the changes of one or more service-related properties, or by applying a diagnostic factor. An end-point is defined either in absolute terms (property value or level of diagnostic stress), or in relative terms (change in property value expressed in percent of the initial value).

The following cases should be distinguished:

A – Ageing procedure.

A.1 – Continuous.

A.2 – Cyclic.

B – Evaluation of the state of the specimens.

B.1 – Non-destructive measurement of property(ies).

B.1.1 – Continuous monitoring.

B.1.2 – Periodic measurements.

B.2 – Periodic application of a specified test stress (proof tests).

B.3 – Destructive determination of a property.

B.4 – Failure under ageing stress.

Method B.1 may be applied in combination with either procedure A.1 or A.2. If the measurements are recorded continuously, or by frequent scanning (B.1.1), the time-to-failure is obtained directly, and if periodic measurements are made (B.1.2), it may be interpolated from a graph of property versus time.

In both cases, the time-to-failure is determined for each specimen as a continuous variable, and the rate of change of the property appears from the measurements.

Method B.2 is most frequently applied in connection with procedure A.2. The proof test determines whether the tested property of a specimen is still within the limit of the proof stress (end-point criterion) or not. If the proof test is applied, e.g. at the end of each ageing cycle, the time-to-failure is defined as the midpoint of a cycle, and is thus a discontinuous variable. Since the variation during time of the property is not revealed by the test, the method is not as informative as method B.1.

Method B.3 may be applied to either procedure A.1 or A.2. At each time of measurement, a predetermined number of specimens is examined and then discarded. Since the values of the property at the different measuring times are determined on different specimens, the method is more sensitive to variations between specimens than the above methods. It is not possible to obtain times-to-failure for the individual specimens, but the results indicate the general trend of property versus time and an average time-to-failure at each ageing stress. In such a test, special attention should be paid not only to the average change of the characteristic but also to its dispersion.

Method B.4 usually applies to procedure A.1 and yields actual times-to-failure.

3.4.2 *End-point criteria*

In most cases, a voltage proof test will suitably demonstrate significant changes of the insulation quality of the insulation system due to ageing. Generally, a defined voltage should be applied periodically. The kind and level of the test voltage must be specified and should be chosen to have the smallest ageing effect possible.

La présence d'humidité dans ou sur les bobinages de type sec permet, aux surtensions, de rechercher et de découvrir dans une isolation les craquelures et les porosités qui peuvent résulter d'un défaut de fabrication, d'une dégradation physique ou de vieillissement.

Lors de l'établissement du niveau d'une tension d'épreuve, on étudiera la possibilité d'utiliser les méthodes usuelles d'inspection en service, d'acceptation générale, employées par les utilisateurs du matériel en cours d'étude.

Pour les essais d'endurance à la tension, la rupture de l'échantillon en essai représente habituellement la fin de vie.

Pour les essais d'endurance mécanique, la rupture mécanique ne peut être acceptée comme critère de fin de vie que si elle est formellement décelable, faute de quoi, il sera nécessaire d'appliquer périodiquement une épreuve convenable.

Note. – Il faudra prêter attention au fait que quelques systèmes d'isolation qui ont complètement perdu leurs qualités mécaniques sont encore capables de supporter des contraintes électriques élevées, mais peuvent être détruits sous des tensions correspondant au niveau du service, ou même plus bas lorsqu'ils sont soumis à des contraintes mécaniques sévères (par exemple, en cas de court-circuit, ou lorsqu'ils sont exposés à une humidité élevée).

3.5 Procédures d'essais fonctionnels

3.5.1 Considérations générales

Le but des essais comparatifs, comportant généralement une accélération, est une prédiction de la performance, avec un niveau de confiance accepté qui dépend de la représentativité des conditions d'essai, de leur nombre, de leur reproductibilité (y compris la préparation et la manipulation des échantillons), et de la précision de détermination de la fin de vie. Le niveau de confiance de l'évaluation sera d'autant plus élevé que le système d'isolation en essai sera similaire au système de référence et qu'il sera bien connu d'avance. En conséquence, les procédures d'essai peuvent différer sous l'angle de la complication si les différents cas d'évaluation doivent conduire au même niveau de confiance. Dans la liste qui suit, plusieurs cas typiques sont donnés par ordre de confiance décroissant, si les coûts des essais pour un système d'isolation donné sont maintenus à un même niveau pour les différents cas. En même temps, l'ordre de la liste correspond à une complexité croissante de la procédure d'essai, essentiellement en ce qui concerne le nombre de conditions de vieillissement, si le même degré de confiance environ est visé.

- a) Vérification qu'un système d'isolation, par exemple, après transfert de la fabrication à un nouvel atelier, est identique à un autre qui a déjà été évalué auparavant et qui a fait ses preuves en service.
- b) Evaluation d'un système d'isolation après modification mineure (matériaux, technologie) d'un système connu qui a fait ses preuves en service.
- c) Evaluation d'un système d'isolation qui, d'après une évaluation antérieure, possède déjà un code (préférentiel), pour les exigences d'un code modérément plus sévère et/ou différent (dans de tels cas, les résultats des nouveaux essais et des précédents doivent être considérés en combinaison; mais se reporter au dernier alinéa du paragraphe 3.5.2).
- d) Evaluation d'un nouveau système d'isolation qui est fondamentalement similaire au système de référence.
- e) Evaluation d'un nouveau système d'isolation qui diffère essentiellement du système de référence.

Avant que des méthodes d'essai ne soient confirmées par un Comité d'Etudes de matériels, leur validité doit être démontrée par une évaluation de systèmes d'isolation ayant fait leurs preuves en service.

3.5.2 Spécification des procédures d'essai

Une procédure d'essai complète pour l'évaluation d'un nouveau système d'isolation (c'est-à-dire cas d) ou e) du paragraphe 3.5.1) sera spécifiée.

Cette procédure aura trait à une application typique (en ce qui concerne les facteurs d'influence, la performance et le mode de fonctionnement) représentée par un code préférentiel.

Des règles seront aussi données pour modifier les niveaux de l'essai complet ci-dessus afin de qualifier le nouveau système d'isolation pour les exigences d'un code non préférentiel ne différant pas trop du code préférentiel.

Des procédures simplifiées pour l'évaluation de systèmes d'isolation plus ou moins connus (c'est-à-dire cas a) à c) du paragraphe 3.5.1) seront aussi spécifiées. De telles procédures seront normalement dérivées de la procédure d'essai complète, par exemple, en réduisant le nombre de conditions de vieillissement. Les règles relatives à de tels essais partiels ou complémentaires comprendront des directives sur les conditions dans lesquelles elles sont applicables.

The presence of moisture in or on dry type windings permits over-voltages to seek out and discern cracks and porosities in insulation which may result from faulty construction, physical damage, or ageing.

In establishing a voltage proof test level, consideration should be given to using the generally accepted service inspection practices employed by the users of the equipment under study.

For voltage endurance tests the failure of the test specimen usually represents the end-point.

For mechanical endurance tests, mechanical failure may be accepted as an end-point criterion only if positively detectable; otherwise periodic application of a suitable proof test will be necessary.

Note. – Attention should be given to the fact that some insulation systems which have completely lost their mechanical quality are still able to withstand high electrical stresses but, under high mechanical stresses (e.g. short circuit), or when exposed to high humidity, can be destroyed under voltage corresponding to service level, or even lower.

3.5 Functional test procedures

3.5.1 General considerations

The aim of comparative tests, usually with acceleration, is a performance prediction with an accepted confidence level which depends on the representativeness of the test conditions, their number, their reproducibility (including specimen preparation and handling), and on the accuracy of the end-point determination. The more similar the investigated insulation system is to the reference system and the better it is known in advance, the higher will be the confidence of the evaluation. Consequently, the test procedure may differ with respect to complication if different evaluation cases are to yield the same degree of confidence. In the following list, several typical cases are given in decreasing order of confidence, if the testing costs for a given insulation system are kept on the same level in the different cases. At the same time, the arrangement of the list corresponds to an increasing degree of complexity of the test procedure, essentially with respect to the number of ageing conditions, if about the same degree of confidence is aimed at.

- a) Verification that an insulation system, for example, after transfer of manufacture to a new plant, is identical with one which has been earlier evaluated and is service-proven.
- b) Evaluating an insulation system after minor modification (materials, technology) of a known and service-proven system.
- c) Evaluating an insulation system which, after previous evaluation, already has a (preferred) code, for the requirements of a reasonably more severe and/or different code (in such cases, the results of the new and the previous test may be considered in combination; but see last paragraph of Sub-clause 3.5.2).
- d) Evaluating a new insulation system which is basically similar to the reference system.
- e) Evaluating a new insulation system which essentially differs from the reference system.

Before test methods are confirmed by a Technical Equipment Committee, their validity shall be demonstrated by evaluating service-proven insulation systems.

3.5.2 Specifying test procedures

A complete test procedure for the evaluation of a new insulation system (i.e. case *d*) or *e*) of Sub-clause 3.5.1) should be specified.

This procedure should relate to a typical application (in terms of factors of influence, performance and duty) as represented by a preferred code.

Rules should also be given for modifying the levels of the complete test above in order to qualify the new insulation system for the requirements of a non-preferred code which is not too different from the preferred code.

Simplified procedures for evaluating more or less known insulation systems (i.e. the cases *a*) to *c*) of Sub-clause 3.5.1) should also be specified. Such procedures will normally be derived from the complete test procedure, e.g. by reducing the number of ageing conditions. The rules for such partial or supplementary tests should include directions concerning the conditions under which they are applicable.

Pour une procédure donnée, des résultats obtenus antérieurement avec le système d'isolation de référence peuvent, en principe, être comparés aux nouveaux résultats du système en cours d'évaluation. Il est cependant souhaitable d'évaluer les deux systèmes d'isolation simultanément eu égard aux incertitudes expérimentales rencontrées en pratique du fait de la reproductibilité limitée de la préparation, de l'exposition et de la manipulation des échantillons.

3.5.3 Liste des points à prendre en considération pour chaque essai

Le Comité d'Etudes vérifiera que chacun des points suivants qui s'appliquent à un essai particulier, a été pris en considération de façon précise dans la description de cet essai:

- Est-ce que des modèles peuvent être utilisés?
- Comment les modèles doivent-ils être faits?
- Le nombre d'échantillons d'essai.
- Est-ce que les échantillons d'essai doivent être conditionnés ou prévieillis avant les essais fonctionnels?
- Quels essais de déverminage seront effectués?
- Type de contrainte(s) de vieillissement à appliquer.
- Niveaux de la ou des contraintes de vieillissement (pour l'obtention d'une accélération acceptable), avec les tolérances.
- Est-ce que la ou les contraintes de vieillissement doivent être appliquées de façon continue ou cyclique?
- Est-ce que la ou les contraintes de vieillissement doivent être appliquées isolément ou simultanément?
- Séquence des essais.
- Durée des cycles.
- Nombre de cycles.
- Fréquence, niveau et type de facteur(s) de diagnostic à appliquer.
- Niveaux des contraintes utilisées comme critères de fin de vie pour les épreuves, ou valeurs des essais donnant des résultats numériques.
- Quel traitement statistique des résultats est approprié?

3.6 Procédure pour déduire la performance estimée des résultats d'essai

La déduction de la performance estimée des résultats bruts des essais dépend de conditions relatives aussi bien aux codes qu'à la procédure d'essai:

- si l'essai est complet ou simplifié (voir le paragraphe 3.5.2);
- si *P* dans les codes est spécifié comme «Durée de vie acceptable» ou par gammes;
- si l'essai implique le passage d'un critère (nécessité qu'un nombre prescrit d'échantillons d'un groupe soit encore en vie après la procédure de vieillissement spécifiée) ou conduit aux temps réels jusqu'à la rupture.

Notes 1. – Des règles générales relatives à la méthodologie d'évaluation des résultats d'essai à des fins de codification seront préparées par le Comité d'Etudes 63.

2. – Si le nouveau système d'isolation ne parvient pas, mais de peu, à passer l'essai, il pourrait, sans essai complémentaire, être qualifié pour un code moins sévère, mais seulement si les Comités d'Etudes de matériels ont inclus des règles adaptées à de tels cas dans leurs spécifications.

3.7 Procédures pour déduire la performance estimée sans essai

La pratique consistant à évaluer les systèmes d'isolation sur la base des chiffres d'endurance des matériaux isolants individuels n'est pas valable.

La qualification d'un système d'isolation pour les exigences d'un code de système d'isolation sans procéder à des essais fonctionnels sera permise dans les deux cas suivants:

- 1) le système d'isolation est déjà qualifié par un code correspondant à une sorte de matériel différent, et ce code recouvre clairement les exigences du code envisagé, sous l'angle de la complexité et de la sévérité;
- 2) le système d'isolation a accumulé des données satisfaisantes en service dans le matériel envisagé.

Des règles d'évaluation appropriées devront être données par le Comité d'Etudes responsable.

3.8 Exemples

A titre d'illustration, des exemples hypothétiques de spécifications d'essai et d'évaluations sont donnés à l'annexe C.

Les procédures données dans les exemples ne doivent absolument pas être considérées comme une directive, mais seulement comme une illustration des principes essentiels de ce guide. Cela s'applique en particulier à la conception des modèles, aux niveaux des facteurs d'influence, à l'emploi des facteurs de diagnostic, aux méthodes d'évaluation des résultats, etc. Ces exemples sont intentionnellement incomplets et imprécis.

For a given procedure, previous results obtained with the reference insulation system may, in principle, be compared with new results from the system to be evaluated. It is, however, desirable to evaluate both insulation systems simultaneously in view of the experimental uncertainties normally encountered in practice due to the limited reproducibility of the preparation, exposure and handling of the specimens.

3.5.3 *List of items to be considered for each test*

The Technical Committee should verify that each of the following items which are relevant to a particular test have been precisely dealt with in its description of that test:

- Whether models may be used.
- How models are to be produced.
- The number of test specimens.
- Whether test specimens are to be conditioned or pre-aged before functional testing.
- Which screening tests should be performed.
- Type(s) of ageing stress(es) to be applied.
- Level(s) of ageing stress(es) (to give acceptable acceleration), with tolerances.
- Whether ageing stress(es) are to be applied continuously or cyclically.
- Whether ageing stress(es) are to be applied singly or simultaneously.
- Sequence of tests.
- Duration of cycles.
- Number of cycles.
- Frequency, level and type of diagnostic factor(s) to be applied.
- Levels of stresses used as end-point criteria for proof tests or values in tests giving numerical results.
- What statistical treatment of results is appropriate?

3.6 **Procedure for deriving estimated performance from test results**

The derivation of estimated performance from primary test results depends on conditions concerning the codes and also the test procedure:

- whether the test is complete or simplified (see Sub-clause 3.5.2);
- whether *P* in the codes is specified as “Acceptable life” or by ranges;
- whether the test implies a pass criterion (requirement that a prescribed number of specimens of a group is still alive after the specified ageing procedure) or yields actual times-to-failure.

Notes 1. – General rules regarding the methodology of evaluating test results for purposes of coding will be prepared by Technical Committee 63.

- 2. – If the new insulation system marginally fails to pass the test, it might, without additional testing, be qualified for a less severe code, but only if the Equipment Technical Committee has included pertinent rules in their specifications for such cases.

3.7 **Procedures for deriving estimated performance without testing**

The practice of evaluating insulation systems on the basis of endurance figures for individual insulating materials is not valid.

The qualification of an insulation system for the requirements of an insulation system code without functional testing should be permitted in the following two cases:

- 1) the insulation system is already qualified by a code for a different kind of equipment and this code clearly covers the requirements of the envisaged code with respect to complexity and severity;
- 2) the insulation system has accumulated a satisfactory service record in the envisaged equipment.

Appropriate evaluation rules shall be given by the responsible Technical Committee.

3.8 **Examples**

For the purpose of illustration, hypothetical examples of test and evaluation specifications are given in Appendix C.

The procedures provided in the examples should definitely not be considered as guidelines but only as an illustration of the main principles of this guide. This applies particularly to the design of models, the levels of the factors of influence, the use of diagnostic factors, the methods of evaluating test results, etc. These examples are purposely incomplete and imprecise.

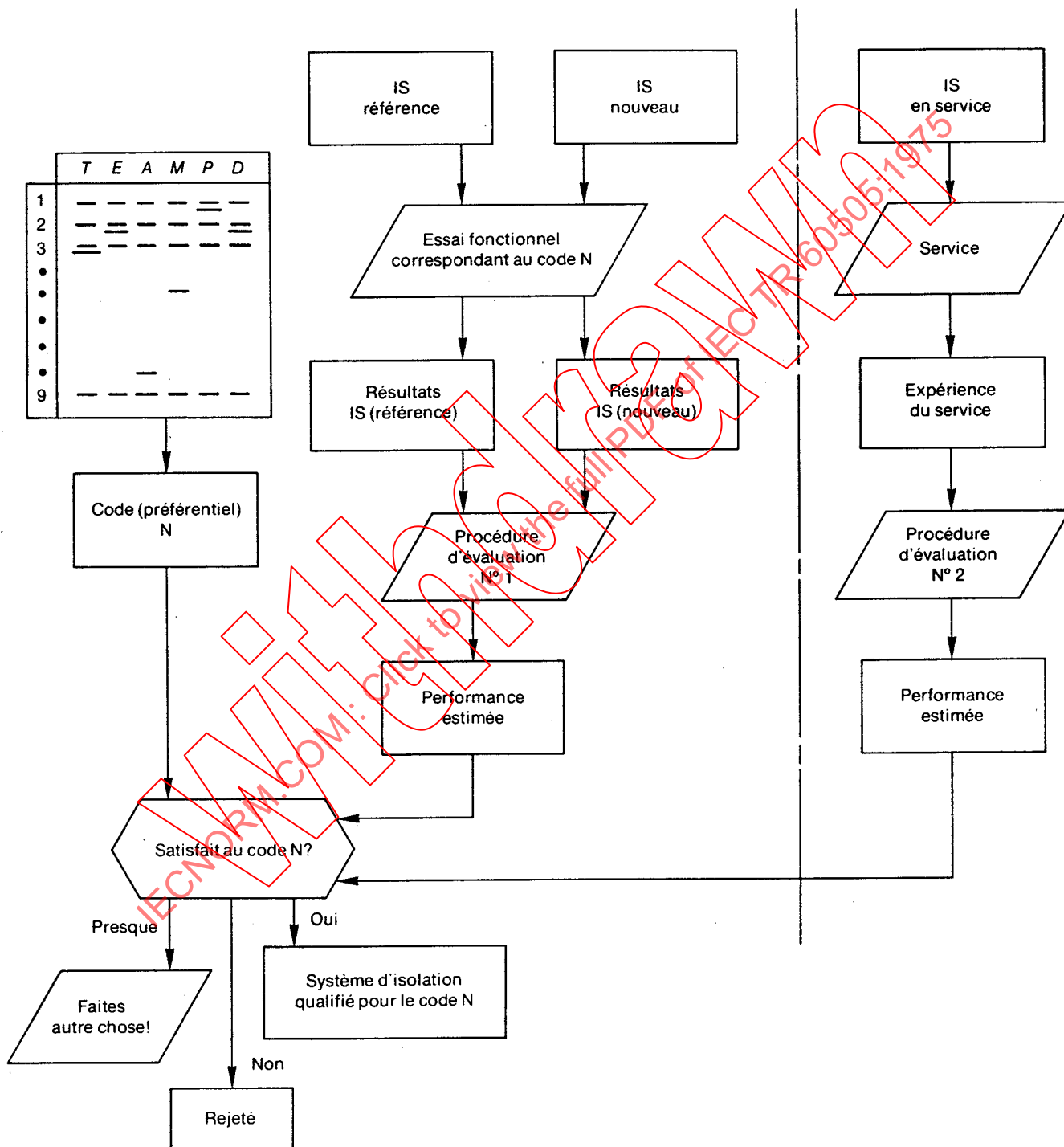
ANNEXE A

CODIFICATION DES SYSTÈMES D'ISOLATION

Sur la base:

1) des essais fonctionnels:

2) du service:



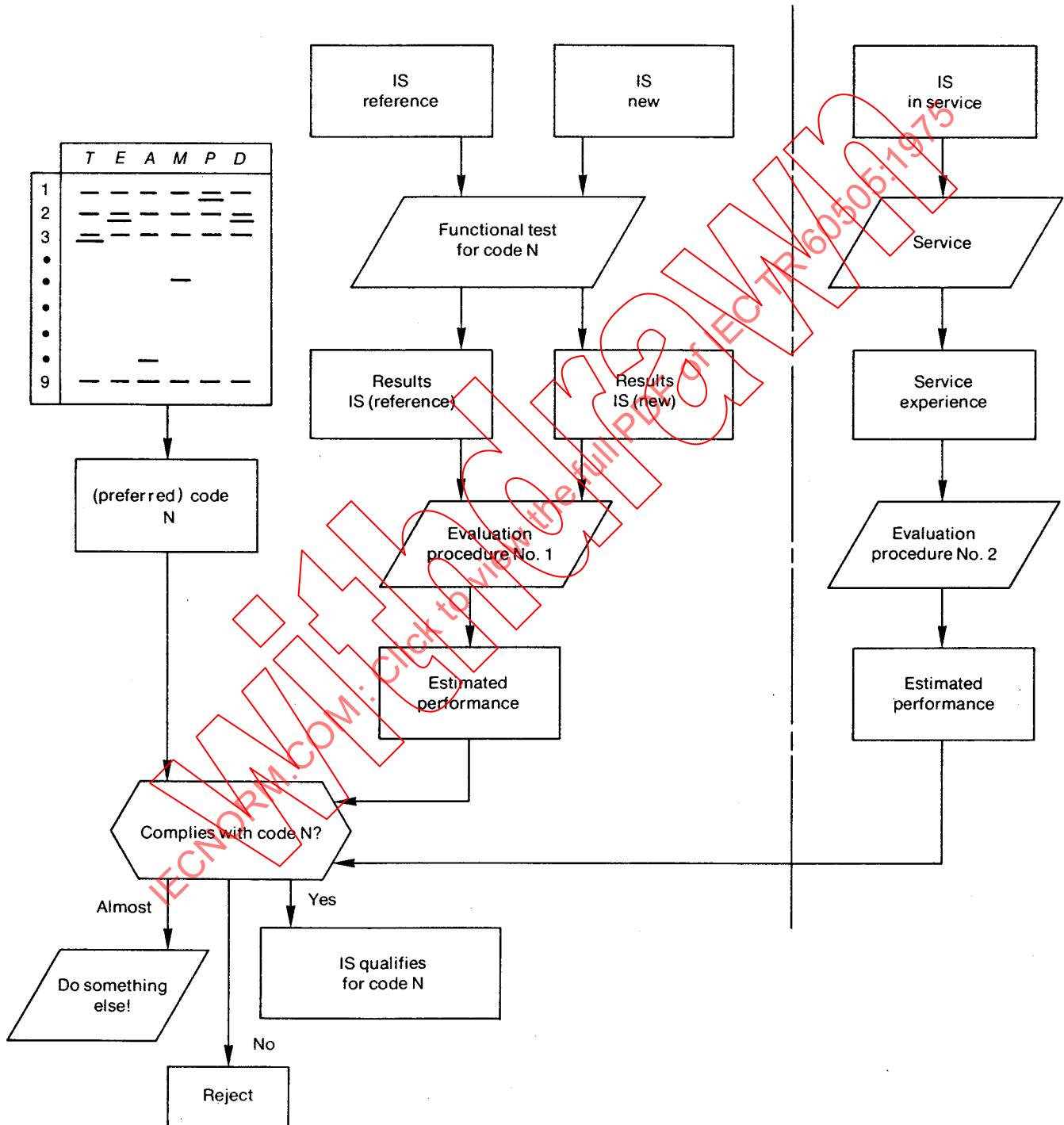
APPENDIX A

CODING OF INSULATION SYSTEMS

On the evidence of:

1) functional tests:

2) service:



ANNEXE B

LISTE DE QUELQUES FACTEURS D'INFLUENCE IMPORTANTS ET DE MODES DE FONCTIONNEMENT RELATIFS À L'ISOLATION DES MATÉRIELS ÉLECTRIQUES ¹⁾

Températures:

Température maximale ²⁾
Température ambiante basse ³⁾
Température ambiante élevée
Gradient de température
Vitesse d'évolution de la température
(choc thermique)

Environnements (fin):

Poussière semi-conductrice
Poussière et sable
Moisissures
Rongeurs
Termites
Humidité

Electriques:

Tension de travail
Surtensions (régime transitoire)
Fréquence
Décharges partielles ⁴⁾
Cheminement
Contournement
Décharges rampantes

Mécaniques:

Vibrations électrodynamiques
Chocs électrodynamiques
Vibrations mécaniques ⁵⁾
Chocs mécaniques ⁵⁾

Environnements:

Air
Oxygène
Hydrogène
Azote
Gaz inertes
Hexafluorure de soufre
Différentes atmosphères corrosives
(à préciser)
Vide
Lubrifiants
Liquides isolants
Eau (humidité: voir ci-dessous)

} comprenant
les effets de la
pression

Flexion
Pression
Tension
Compressions répétées
Torsion

Mode de fonctionnement:

Continu
De courte durée
Intermittent
Intermittent avec démarrage et freinage
électriques
Stockage et transport ⁶⁾

¹⁾ La possibilité d'utiliser des symboles uniformes pour les diverses variantes des facteurs *T*, *E*, etc., est étudiée par le Comité d'Etudes 63.

²⁾ «Maximale» a trait à la partie la plus chaude du système d'isolation dans un type de matériel particulier.

³⁾ «Ambiante basse» signifie températures plus basses que 0 °C.

⁴⁾ Comprend les décharges partielles à l'intérieur de l'isolation et le long des surfaces extérieures.

⁵⁾ Prend aussi en ligne de compte les contraintes survenant durant le transport.

⁶⁾ Indique la sorte et la durée du stockage, s'ils sont inhabituels; par exemple: «très humide», «très chaud», «12 mois».

APPENDIX B

LIST OF SOME IMPORTANT FACTORS OF INFLUENCE AND DUTY RELEVANT TO INSULATION IN ELECTRICAL EQUIPMENT ¹⁾

Thermal:

Maximum temperature ²⁾
Low ambient temperature ³⁾
High ambient temperature
Temperature gradient
Rate of temperature change
(thermal shock)

Environmental (cont.):

Semiconductive dust
Dust and sand
Fungi
Rodents
Termites
Humidity

Electrical:

Working voltage
Over-voltage (transients)
Frequency
Partial discharges ⁴⁾
Tracking
Flash-over
Creeping

Mechanical:

Vibration, electrodynamic
Impact, electrodynamic
Vibration, mechanical ⁵⁾
Impact, mechanical ⁵⁾
Bending
Pressure
Tension
Repeated compression
Torsion

Environmental:

Air
Oxygen
Hydrogen
Nitrogen
Inert gases
Sulphur hexafluoride
Different corrosive atmospheres
(specify which)
Vacuum
Lubricants
Insulating liquids
Water (humidity: see below)

including
effects of
pressure

Duty:

Continuous
Short-time
Intermittent
Intermittent with starting
and electrical braking
Storage and transportation ⁶⁾

¹⁾ The possibility of using uniform symbols for the different variants of the factors *T*, *E*, etc., is being studied by Technical Committee 63.

²⁾ "Maximum" refers to the hottest part of the insulation system of a particular type of equipment.

³⁾ "Low ambient" is meant for temperatures below 0 °C.

⁴⁾ Includes partial discharges inside insulation and along outside surfaces.

⁵⁾ Takes also account of stresses occurring during transportation.

⁶⁾ Indicates kind and length of storage, if unusual, e.g. "very humid", "very hot", "12 months".

ANNEXE C

EXEMPLES HYPOTHÉTIQUES DE SPÉCIFICATIONS POUR L'ÉVALUATION ET L'IDENTIFICATION DE SYSTÈMES D'ISOLATION PARTICULIERS

Note. – Des exemples de spécifications pour l'évaluation et l'identification de systèmes d'isolation de deux types de matériels sont donnés ici. On ne peut pas souligner de façon assez énergique que ces exemples ne doivent pas être compris comme étant des directives et/ou des ratifications faites par le Comité d'Etudes 63 à l'égard du Comité d'Etudes de matériels concerné, pas plus que comme étant nécessairement représentatifs de l'état actuel des connaissances.

Ces exemples ont été rédigés pour illustrer deux considérations différentes. En premier lieu, un exemple a trait à l'isolation d'un type de matériel produit en grandes quantités, alors que l'autre concerne une isolation de matériel conçue de façon unitaire. En second lieu, le premier exemple a pour but de démontrer comment des publications de la CEI existantes pourraient être transformées de façon à suivre le guide du Comité d'Etudes 63 si un Comité d'Etudes de matériel choisissait une telle procédure. Le second exemple, d'autre part, a pour but de montrer les possibilités de ce guide du Comité d'Etudes 63.

Exemple A: Systèmes d'isolation de ballasts pour lampes à vapeur de mercure à haute pression

Note. – Cet exemple est fondé sur la Publication 262 de la CEI: Ballasts pour lampes à vapeur de mercure à haute pression, et Modification N° 1 (1974). Deux facteurs de vieillissement seulement sont pris en considération. Intentionnellement, le contenu technique de cet exemple donné à titre d'illustration n'a pas été examiné par le Comité d'Etudes 63.

Supposons que cette spécification soit publiée en tant que Publication 000 de la CEI.

A1. Domaine d'application

Cette spécification a trait à la codification et aux essais fonctionnels des systèmes d'isolation de ballasts de type inductif destinés à être utilisés sur des réseaux alternatifs à 50 Hz ou 60 Hz en association avec des lampes à vapeur de mercure à haute pression possédant des puissances nominales, des dimensions et des caractéristiques conformes aux spécifications de la Publication 188 de la CEI: Tableau de caractéristiques pour lampes à décharge à vapeur de mercure à haute pression.

A2. Codes du système d'isolation

Les éléments suivants du code sont considérés comme devant s'appliquer aux codes du système d'isolation:

T = température nominale maximale de l'isolation (°C)

E = tension nominale (V)

P = performance attendue: durée de vie en service continu, à la température nominale maximale (années)

La forme du code de système d'isolation est:

CEI 000 IS $TE-P$

Les symboles T , E et P représentent des chiffres selon le tableau suivant.

	T (°C)	E (V)	P (années)
1	NA	NA	NA
2	NA	NA	NA
3	90	< 250	NA
4	105	250 à 500	NA
5	120	NA	10
6	NA	NA	NA
7	NA	NA	NA
8	NA	NA	NA
9	NA	NA	NA

L'utilisation des chiffres du code marqués NA (non applicable) n'est pas autorisée.

Note. – La transformation de NA en de nouvelles valeurs ne peut être effectuée que par le Comité d'Etudes 34 lors d'une révision de la Publication 000 de la CEI.

Chacun des chiffres de chaque colonne peut être combiné avec n'importe quel chiffre d'une autre colonne pour constituer un code complet. Il y a six combinaisons possibles.

APPENDIX C

HYPOTHETICAL EXAMPLES OF SPECIFICATIONS FOR EVALUATING AND IDENTIFYING PARTICULAR INSULATION SYSTEMS

Note. – Examples of specifications for the evaluation and identification of insulation systems for two types of equipment are given here. It cannot be emphasized strongly enough that these examples shall *not* be understood to be guidelines and/or endorsements by Technical Committee 63 to the concerned Equipment Technical Committees, nor do they necessarily represent the actual state of the art.

The examples have been drafted to illustrate two different considerations. First, one example deals with the insulation in a type of equipment produced in large numbers, whereas the other one concerns insulation for individually designed equipment. Second, the first example is intended to demonstrate how existing IEC publications could be transformed to follow the Technical Committee 63 Guide, if an Equipment Technical Committee chooses such an approach. The second example, on the other hand, is intended to demonstrate the possibilities of this Technical Committee 63 Guide.

Example A: Insulation systems for ballasts for high-pressure mercury vapour lamps

Note. – This example is based on IEC Publication 262, Ballasts for High Pressure Mercury Vapour Lamps, and Amendment No. 1 (1974). Only two ageing factors are taken into account. The technical contents of this illustrative example have intentionally not been examined by Technical Committee 63.
This specification is assumed to be issued as IEC Publication 000.

A1. Scope

This specification applies to the coding and functional testing of insulation systems for inductive type ballasts for use on an a.c. supply at 50 Hz or 60 Hz associated with high-pressure mercury vapour lamps having rated wattages, dimensions and characteristics as specified in IEC Publication 188, Schedule for High-Pressure Mercury Vapour Lamps.

A2. Insulation system codes

The following coding elements are considered to be relevant for the insulation system codes:

T = rated maximum insulation temperature (°C)

E = nominal voltage (V)

P = intended performance: duration of continuous service at the rated maximum temperature (years)

The format of the insulation system code is:

IEC 000 IS *TE-P*

The symbols *T*, *E* and *P* represent digits according to the following table.

	<i>T</i> (°C)	<i>E</i> (V)	<i>P</i> (years)
1	NA	NA	NA
2	NA	NA	NA
3	90	< 250	NA
4	105	250 to 500	NA
5	120	NA	10
6	NA	NA	NA
7	NA	NA	NA
8	NA	NA	NA
9	NA	NA	NA

The use of code digits marked NA (non-applicable) is not authorized.

Note. – Changing NA to new ratings can be performed only by Technical Committee 34 in a revision of IEC Publication 000.

Each digit in each column may be combined with whatever digit of another column to yield a complete code. There are six possible combinations.

Par exemple, un ballast conçu pour dix ans de service à 100 °C sous une tension nominale de 380 V 50 Hz a besoin d'un système d'isolation démontré comme satisfaisant aux exigences de l'un des codes CEI 000 IS 44-5 ou CEI 000 IS 54-5. La présentation suivante, sous forme de tableau, est recommandée (par exemple, pour la suite de chiffres 44-5):

Identification	<i>T</i>	<i>E</i>	<i>P</i>
CEI 000 IS	4	4	5

A3. Procédure d'essai fonctionnel

Note. – Il est vivement recommandé par ce guide du Comité d'Etudes 63 d'effectuer des essais fonctionnels de nouveaux systèmes d'isolation par comparaison avec d'autres systèmes ayant fait leurs preuves en service.

Ce principe n'est pas appliqué explicitement dans la Publication 262 de la CEI. Cependant, il est implicitement contenu dans la constante 4 500 de la formule du paragraphe A3.6.

A3.1 Spécification des ballasts

Température nominale maximale de l'enroulement	90 °C, 105 °C ou 120 °C
Tension nominale	24 V à 500 V
Fréquence	50 Hz ou 60 Hz
Puissance nominale	50 W à 2 000 W
Performance attendue	10 ans de service continu à la température nominale maximale

A3.2 Echantillons d'essai

Les échantillons d'essai seront prélevés dans la production réelle et seront les ballasts complets tels qu'ils sont utilisés en service.

A3.3 Facteurs de vieillissement à appliquer aux échantillons

Application simultanée de la tension et de la température.

A3.4 Nombre d'échantillons

Sept échantillons seront soumis aux essais.

A3.5 Conditions d'essai

L'équipement d'essai doit être conçu de telle sorte que les deux contraintes (tension et température) puissent être appliquées simultanément.

D'après l'expérience, une température uniforme et stable peut être obtenue de deux façons:

- soit par une étuve ne possédant pas une bonne isolation thermique (voir la figure 6 de la Publication 262 de la CEI);
- soit par une très bonne isolation thermique des ballasts de telle façon qu'ils fournissent eux-mêmes la chaleur nécessaire à l'essai (ou la plus grande partie de celle-ci).

La description ci-dessous a trait à la «méthode de l'étuve». Quand le chauffage «par pertes propres» est utilisé, le courant circulant dans le ballast sera maintenu constant au lieu des thermostats.

Le ballast devra fonctionner électriquement d'une façon similaire à celle correspondant à une utilisation normale. Au cas où des condensateurs ou d'autres composants qui ne devraient pas être soumis à l'essai sont présents, ils devront être connectés à l'extérieur de l'étuve. Les autres composants qui n'influencent pas les conditions de fonctionnement des enroulements peuvent être retirés.

En général, le ballast sera essayé avec les lampes appropriées, mais, pour certains ballasts de type inductif, ces lampes peuvent être remplacées par des résistances équivalentes ajustées pour obtenir la valeur moyenne du courant à travers le ballast. Ces lampes ou résistances devront être maintenues hors de l'étuve. Le ballast devra être mis à la terre.

For example, a ballast intended for ten years of operation at 100 °C and a nominal voltage of 380 V 50 Hz requires an insulation system demonstrated to fulfil the requirements of either one of the codes IEC 000 IS 44-5 or IEC 000 IS 54-5. The following tabulated format is recommended (e.g. for the digit sequence 44-5):

Identification	<i>T</i>	<i>E</i>	<i>P</i>
IEC 000 IS	4	4	5

A3. Functional test procedure

Note. – Comparative functional testing of new and service proven insulation systems is strongly recommended in this Technical Committee 63 Guide.

This principle is not explicitly applied in IEC Publication 262. However, it is implicit in the constant 4 500 in the formula in Subclause A3.6.

A3.1 Ballasts specification

Rated maximum temperature of the winding	90 °C, 105 °C or 120 °C
Nominal voltage	24 V up to 500 V
Frequency	50 Hz or 60 Hz
Rated wattage	50 W up to 2 000 W
Intended performance	10 years of continuous service at the rated maximum temperature

A3.2 Test specimens

The test specimens should be from the actual production and be complete ballast as used in operation.

A3.3 Ageing factors to be applied on the specimens

Simultaneous application of voltage and temperature.

A3.4 Number of specimens

Seven specimens should be tested.

A3.5 Testing conditions

Testing equipment has to be designed in such a way that both stresses (voltage and temperature) can be applied simultaneously.

According to practical experience, uniform and stable temperature can be achieved in two ways:

- *either* by an oven, which is not provided with a good thermal insulation (see Figure 6 in IEC Publication 262),
- *or* by very good thermal insulation of the ballasts so that they themselves provide (most of) the heat needed for the test.

The description underneath refers to the “oven method”. When “self-heating” is used, the current through the ballast should be kept constant instead of the thermostats.

The ballast shall function electrically in a manner similar to that in normal use. In the case when capacitors or other components which should not be subjected to the test are present, they shall be connected outside the oven. Other components which do not influence the operating conditions of the windings may be removed.

In general, the ballast will be tested with the appropriate lamps, but, for certain inductive type ballasts, these lamps may be replaced by equivalent resistances adjusted to obtain the mean value of current through the ballast. These lamps or resistances shall be kept outside the oven. The ballast shall be earthed.

La batterie de sept ballasts est disposée dans l'étuve, en respectant les limites d'espacement prescrites, et la tension nominale est appliquée.

Les thermostats de l'étuve sont alors réglés de telle sorte que la température de l'enroulement le plus chaud du ballast, contrôlée par la méthode de la «variation de résistance», soit égale à la température de l'essai. Cette température est contrôlée quotidiennement et maintenue stable à ± 2 °C près.

A3.6 Accélération de l'essai

Seul, le facteur de vieillissement thermique sera accéléré. La température de l'essai sera choisie sur la base de la formule suivante:

$$\log L = \log L_0 + 4\,500 \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_w} \right)$$

où:

L = durée de l'essai en jours

L_0 = performance estimée (en jours) à la température nominale maximale de service

T = température de l'essai en kelvins.

T_w = température nominale maximale de service en kelvins.

La constante 4 500 a été établie de façon empirique. La température de l'essai sera choisie de telle façon que la durée de l'essai soit de 30 à 50 jours pour une performance estimée L_0 de 3 652 jours (10 ans).

A3.7 Critères de fin de vie

Au minimum trois fois par semaine (après la première semaine) les ballasts en essai seront soumis à des épreuves à la température du vieillissement. Les points suivants seront vérifiés:

- le ballast devra allumer et faire fonctionner la lampe avec des courants restant dans les limites prescrites;
- les pertes magnétiques mesurées sous courant nominal ne devront pas être supérieures de plus de 10 % à celles mesurées initialement à la même température;
- la résistance d'isolement des enroulements mesurée sous 500 V en courant continu, ne devra pas être inférieure à 1 M Ω ;
- le ballast devra supporter une tension d'épreuve de deux fois la tension nominale pendant 1 min.

La fin de vie est atteinte quand l'un quelconque des quatre points *a)*, *b)*, *c)* ou *d)* n'est pas satisfait.

A3.8 Détermination du temps jusqu'à la rupture

La durée de l'essai (moyenne logarithmique des temps jusqu'à la rupture) dans la formule du paragraphe A3.6 est le nombre de jours de comportement satisfaisant des ballasts.

En pratique, lorsqu'un critère de fin de vie est atteint, L sera égal à la durée de vieillissement jusqu'à la dernière épreuve franchie avec succès par l'échantillon.

A3.9 Présentation des résultats d'essai

Le rapport d'essai doit comporter les renseignements suivants:

A – Description des échantillons d'essai:

- type de ballast;
- tension nominale;
- puissance nominale;
- température nominale maximale de service.

B – Contraintes d'essai appliquées:

- température et mode de chauffage;
- niveau et fréquence de la tension;
- épreuves utilisées pour la fin de vie.

C – Résultats d'essai:

- valeurs individuelles des temps jusqu'à la rupture et leur moyenne logarithmique.

The batch of seven ballasts is placed in the oven, observing the minimum prescribed spacing limits, and the rated voltage is applied.

The oven thermostats are then varied in such a way that the temperature of the hottest winding in the ballast is equal to the test temperature, controlled by the “increase in resistance” method. This temperature is checked daily and maintained within $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A3.6 Acceleration of the test

Only the thermal ageing factor will be accelerated. The test temperature will be chosen on the basis of the following formula:

$$\log L = \log L_0 + 4\,500 \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_w} \right)$$

where:

L = test duration in days

L_0 = estimated performance (in days) at the maximum rated operating temperature

T = test temperature in kelvins

T_w = maximum rated operating temperature in kelvins

The constant 4 500 has been established empirically. The test temperature should be selected in such a way that the test duration be 30 to 50 days for an estimated performance L_0 of 3 652 days (10 years).

A3.7 End-point criteria

Not less than three times per week (after the first week), the ballasts under test will be submitted to proof tests at the ageing temperature. The following points will be checked:

- a) the ballast shall start and operate the lamp within the prescribed current limits;
 - b) the magnetic losses measured under rated current shall not increase by more than 10% compared to the initial values measured at the same temperature;
 - c) the insulation resistance of the windings measured under 500 V d.c. shall not be less than 1 M Ω ;
 - d) the ballast shall withstand a proof test of twice the nominal voltage during 1 min.
- The end-point is reached when any of the four points a), b), c) or d) is not satisfied.

A3.8 Determination of time-to-failure

The test duration (logarithmic average of time-to-failure) in the formula in Sub-clause A3.6 is the number of days of satisfactory behaviour of the ballasts.

In practice, when an end-point criterion is reached, L will be equal to the duration of ageing until the last proof test passed by the specimen.

A3.9 Presentation of test results

The test report must include the following information:

A – Description of test specimens:

- type of ballast;
- nominal voltage;
- nominal wattage;
- maximum rated operating temperature.

B – Test stresses applied:

- temperature and method of heating;
- voltage level and frequency;
- proof tests used for end-point.

C – Test results:

- individual times to failure and their logarithmic average.

A3.10 Evaluation des résultats d'essai

La performance estimée du système d'isolation essayé est L_0 ainsi qu'il se déduit de la durée de l'essai L au moyen de la formule du paragraphe A3.6. L_0 doit être au moins égal à 3 652 jours. Si cette condition est remplie, on attribue au système d'isolation un code où la valeur de T correspond au T_w de la formule et celle de E à la tension du vieillissement.

Exemple B: Systèmes d'isolation d'enroulements statoriques de machines tournantes à haute tension à courant alternatif

Note. – Cet exemple a trait aux isolations englobées dans la rubrique 1 des tableaux I et II de la Publication 34-1 de la CEI: Machines électriques tournantes, Première partie: Valeurs nominales et caractéristiques de fonctionnement. On suppose qu'une révision hypothétique, à paraître en 1980, contiendra le même classement des enroulements par catégories, bien que cela puisse être diversifié pour des raisons pratiques.

De façon à simplifier l'exemple et à démontrer la souplesse de ce guide, l'influence des conditions d'environnement n'est pas prise en considération.

Les codes de systèmes d'isolation sont prévus pour couvrir la totalité du champ défini dans le domaine d'application, bien que la spécification d'essai fonctionnel ne s'applique qu'à des cas particuliers choisis.

Les déclarations figurant dans le dernier alinéa de l'introduction et dans l'article 3.8 concernant la nature volontairement incomplète et irréaliste des exemples, s'appliquent en particulier à celui-ci.

B1. Domaine d'application

Cette spécification a trait à la codification et aux essais fonctionnels des systèmes d'isolation d'enroulements statoriques à haute tension (1 kV ou plus) de machines à courant alternatif ayant une puissance de 5 MW (ou MVA) ou davantage, possédant une longueur de fer de 1 m ou plus, et fonctionnant dans une atmosphère non contaminée, quel que soit leur mode de refroidissement.

B2. Codes du système d'isolation

B2.1 Présentation et liste des codes

Les éléments suivants du code sont considérés comme devant s'appliquer aux codes du système d'isolation:

T = température maximale de l'isolation (°C)

E = tension nominale (kV)

M_1 = contrainte mécanique transitoire

M_2 = vibration permanente induite dans la machine ou transmise vers elle; contrainte thermomécanique

P = performance attendue: durée de vie acceptable, ou temps réel de fonctionnement (milliers d'heures)

D = nombre de manœuvres (passage du repos au fonctionnement en charge) (par année)

Note. – Un chiffre de performance attendue est un énoncé de comportement typique de l'isolation, sans aucune implication concernant une éventuelle garantie commerciale de durée de vie.

La présentation du code de système d'isolation est:

CEI 34-1 (1980): 1 IS TE0 (M_1 M_2) – PD

Les symboles T , E , M_1 , M_2 , P , D représentent les chiffres 1 à 9 selon le tableau suivant. En outre, le chiffre 0 peut être utilisé pour indiquer qu'un élément du code se rapporte à un niveau de contrainte considéré comme non significatif. Le symbole x peut être utilisé pour indiquer un niveau de contrainte significatif, mais ne pouvant encore être spécifié.

A3.10 Evaluation of test results

The estimated performance of the tested insulation system is L_0 as derived from the test duration L by means of the formula in Sub-clause A3.6. L_0 must be 3 652 days or more. If this condition is fulfilled, the insulation system is given a code with the T -rating corresponding to T_w of the formula, and an E -rating corresponding to the ageing voltage.

Example B: Insulation systems for high-voltage a.c. stator windings of rotating machines

Note. – This example refers to insulations covered by item 1 of Tables I and II of IEC Publication 34-1, Rotating Electrical Machines, Part 1: Rating and Performance. It is assumed that a hypothetical revision, to be issued in 1980, will contain the same categorization of windings, although this may be diversified for practical reasons.

In order to simplify the example and to demonstrate the versatility of this guide, the influence of environmental conditions is not taken into account.

The insulation system codes are intended to cover the whole field defined in the scope, whereas the functional test specification applies to chosen special cases only.

The statement in the last paragraph of the Introduction and in Clause 3.8 concerning the intended incomplete and unrealistic nature of the examples applies particularly to this example.

B1. Scope

This specification applies to the coding and functional testing of insulation systems for high-voltage a.c. stator windings (1 kV or more) of machines having an output of 5 MW (or MVA) or more, having a core length of 1 m or more and operating in an uncontaminated atmosphere, irrespective of the method of cooling.

B2. Insulation system codes

B2.1 Format and list of codes

The following coding elements are considered to be relevant for the insulation system codes:

T = maximum insulation temperature (°C)

E = nominal voltage (kV)

M_1 = transient mechanical stress

M_2 = permanent vibration induced in the machine or transmitted to it; thermo-mechanical stress

P = intended performance: acceptable life, or actual time of operation (thousands of hours)

D = number of operations (changes from rest to load) (per year)

Note. – An intended performance figure is a statement of typical insulation behaviour without any implication concerning a possible commercial life guarantee.

The format of the insulation system code is:

IEC 34-1 (1980):1 IS $TE0(M_1 M_2) - PD$

The symbols T , E , M_1 , M_2 , P , D represent digits 1 to 9 according to the following table. In addition, the digit 0 may be used to indicate that a code element refers to a stress level considered not to be significant. The symbol x may be used to indicate a significant stress level which cannot yet be specified.

	T (°C)	E (kV)	M_1	M_2	P (10 ³ heures)	D (par an)
1	NA	NA	NA	NA	Durée de vie acceptable	NA
2	105	≤ 3	Faible	NA	50	≤ 10
3	NA	≤ 7	NA	Faible	NA	NA
4	130	NA	Moyen	NA	100	≤ 100
5	155	NA	NA	NA	NA	NA
6	180	≤ 17	NA	NA	250	≤ 1 000
7	NA	> 17	Fort	Fort	> 250	NA
8	NA	NA	NA	NA	NA	≤ 10 000
9	NA	NA	NA	NA	NA	> 10 000

Notes 1. – Quand le symbole > est utilisé, il faudra se mettre d'accord sur une valeur précise.

2. – Dans la préparation de cet exemple, les experts du Comité d'Etudes 63 reconnaissent que les contraintes mécaniques sont probablement l'un des facteurs les plus importants agissant sur l'isolation des grandes machines tournantes. Bien que cette annexe ne soit qu'un exemple, on a considéré que des valeurs quantitatives ne devaient pas être proposées par crainte que les niveaux d'influence choisis ne soient ultérieurement considérés comme nécessairement significatifs. En ce qui concerne les effets des efforts mécaniques et contrairement aux autres facteurs d'influence, il n'existe pas de connaissance ni d'agrément universels suffisants parmi les experts dans le domaine des machines tournantes. C'est pourquoi les expressions faible, moyen et fort sont utilisées. Le Comité d'Etudes 63 souhaite que les experts du Comité d'Etudes 2 recherchent énergiquement une meilleure compréhension des efforts mécaniques de sorte qu'après acceptation de ce guide par le Comité d'Etudes 2 ils puissent eux-mêmes écrire les règles appropriées en y incluant des valeurs quantitatives pour les facteurs mécaniques.

L'utilisation des chiffres du code repérés NA (non applicable) n'est pas autorisée.

Note. – La transformation de NA en de nouvelles valeurs ne peut être effectuée que par le Comité d'Etudes 2 lors d'une révision ultérieure de la Publication 34-1 de la CEI.

Chacun des chiffres de chaque colonne peut être combiné avec n'importe quel chiffre d'une autre colonne pour constituer un code complet. Il y a 2 400 combinaisons possibles dans ce tableau.

B2.2 Codes et codes préférentiels des types particuliers d'enroulements statoriques

Tous les codes possibles ne s'appliquent certainement pas à chaque type d'enroulement particulier. Afin de restreindre le nombre de codes à prendre en considération pour les enroulements statoriques des types de machines les plus importants, des codes représentatifs de conditions de service typiques sont énumérés dans la deuxième colonne du tableau suivant.

Dans la troisième colonne sont énumérés les codes préférentiels auxquels les procédures principales d'essai fonctionnel, destinées à l'évaluation des aptitudes des systèmes d'isolation seront rattachées dans la suite de cette spécification.

	T (°C)	E (kV)	M_1	M_2	P (10^3 hours)	D (per year)
1	NA	NA	NA	NA	Acceptable life	NA
2	105	≤ 3	Small	NA	50	≤ 10
3	NA	≤ 7	NA	Low	NA	NA
4	130	NA	Medium	NA	100	≤ 100
5	155	NA	NA	NA	NA	NA
6	180	≤ 17	NA	NA	250	$\leq 1\,000$
7	NA	> 17	High	High	> 250	NA
8	NA	NA	NA	NA	NA	$\leq 10\,000$
9	NA	NA	NA	NA	NA	$> 10\,000$

Notes 1. – When the symbol $>$ is used, a precise value should be agreed upon.

2. – In the preparation of this example, the experts of Technical Committee 63 recognized that the mechanical stresses are probably one of the most important factors acting upon the insulation in large rotating machines. Even though this appendix is only an example, it was felt that quantitative numbers should not be inserted because of future inference that the selected levels of influences were necessarily significant. Contrary to other factors of influence, not enough is yet universally understood and agreed to by experts in the field of rotating machines about the effects of mechanical forces. Hence, the expressions low, medium and high are used. It is the desire of Technical Committee 63 that experts in Technical Committee 2 will vigorously pursue a better understanding of the mechanical forces so that after Technical Committee 2 accepts this guide, they will be able to write their own appropriate rules, which will include quantitative numbers for the mechanical factors.

The use of code digits marked NA (non-applicable) is not authorized.

Note. – Changing NA to new ratings can only be performed by Technical Committee 2 in a later revision of IEC Publication 34-1.

Each digit in each column may be combined with whatever digit of another column to yield a complete code. There are 2 400 possible combinations in this table.

B2.2 Codes and preferred codes for particular types of stator windings

All the possible codes are certainly not relevant to each particular winding type. In order to restrict the number of codes to be considered for the stator windings of the most important machine types, codes representing typical service conditions are listed in the second column of the following table.

In the third column, preferred codes are listed to which the main functional test procedures for evaluating the capabilities of insulation systems will be related in later sections of this specification.