NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60377-1

Première édition
First edition
1973-01

Méthodes recommandées pour la détermination des propriétés diélectriques de matériaux isolants aux fréquences supérieures à 300 MHz

Première partie: Généralités

Recommended methods for the determination of the dielectric properties of insulating materials at frequencies above 300 MHz

Part 1: General

© IEC 1973 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.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http: //www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE M

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

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 4

PRÉFACE 4

INTRODUCTION 6

Articles

1. Objet et domaine d'application 6

2. Définitions 8
   2.1 Permittivité relative complexe ε_r^* 8
   2.2 Permittivité relative ε'_r 10
   2.3 Indice de pertes ε''_r 10
   2.4 Facteur de dissipation diélectrique tg δ 10

3. Facteurs influençant les propriétés diélectriques de matériaux isolants 10
   3.1 Fréquence 12
   3.2 Température 12
   3.3 Humidité et autres impuretés 12
   3.4 Structure physique et chimique 12
   3.5 Intensité de champ alternatif 14

4. Description des méthodes de mesure 14
   4.1 Principe des méthodes de mesure 14
   4.2 Dispositif d'essai 16
   4.3 Choix de la méthode d'essai 18

5. Mode opératoire 22
   5.1 Préparation des éprouvettes 22
   5.2 Conditionnement 22
   5.3 Mesures 22

6. Procès-verbal d'essai 22

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

PREFACE 5

INTRODUCTION 7

Clause

1. Object and scope 7

2. Definitions 9
   2.1 Relative complex permittivity ε_r^* 9
   2.2 Relative permittivity ε'_r 11
   2.3 Loss index ε''_r 11
   2.4 Dielectric dissipation factor tan δ 11

3. Factors influencing dielectric properties of dielectric materials 11
   3.1 Frequency 13
   3.2 Temperature 13
   3.3 Moisture and other impurities 13
   3.4 Physical and chemical structure 13
   3.5 A.C. — Field strength 15

4. Survey on measuring methods 15
   4.1 Principles of measuring methods 15
   4.2 Test arrangement 17
   4.3 Choice of the test method 19

5. Testing procedure 23
   5.1 Preparation of specimens 23
   5.2 Conditioning 23
   5.3 Measurement 23

6. Test report 23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES RECOMMANDÉES POUR LA DÉTERMINATION DES PROPRIÉTÉS DIÉLECTRIQUES DE MATÉRIAUX ISOLANTS AUX FRÉQUENCES SUPÉRIEURES À 300 MHz

Première partie: Généralités

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 recommandation a été établie par le Sous-Comité 15A: Essais de courte durée, du Comité d'Etudes N° 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Tel-Aviv en 1966, à Varsovie en 1967 et à Washington en 1970. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif, document 15A(Bureau Central)16, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mai 1971.

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

Afrique du Sud	Israël
Allemagne	Japon
Australie	Pays-Bas
Belgique	Portugal
Canada	Roumanie
Corée (République démocratique populaire de)	Royaume-Uni
	Suède
	Suisse
Danemark	Tchécoslovaquie
Finlande	Turquie
France	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Iran	

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RECOMMENDED METHODS FOR THE DETERMINATION OF THE DIELECTRIC PROPERTIES OF INSULATING MATERIALS AT FREQUENCIES ABOVE 300 MHz

Part 1: General

FOREWORD

1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.

2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.

3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by Sub-Committee 15A, Short-time Tests, of IEC Technical Committee No. 15, Insulating Materials.

Drafts were discussed at the meetings held in Tel Aviv in 1966, in Warsaw in 1967 and in Washington in 1970. As a result of this latter meeting, a final draft, document 15A(Central Office)16, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in May 1971.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Korea (Democratic People's Republic of)
Belgium	Netherlands
Canada	Portugal
Czechoslovakia	Romania
Denmark	South Africa
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Iran	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Japan	

MÉTHODES RECOMMANDÉES POUR LA DÉTERMINATION DES PROPRIÉTÉS DIÉLECTRIQUES DE MATÉRIAUX ISOLANTS AUX FRÉQUENCES SUPÉRIEURES À 300 MHz

Première partie: Généralités

INTRODUCTION

Les méthodes de détermination des caractéristiques diélectriques de matériaux isolants peuvent être classées, en gros, en deux catégories principales:

1) Les méthodes à paramètres localisés, qui peuvent être utilisées lorsque la longueur d'onde du champ électromagnétique appliqué est grande par rapport aux dimensions de l'éprouvette. Ces méthodes relativement simples sont traitées dans la Publication 250 de la CEI: Méthodes recommandées pour la détermination de la permittivité et du facteur de dissipation des isolants électriques aux fréquences industrielles, audibles et radioélectriques (ondes métriques comprises), et s'appliquent dans la gamme de fréquences allant des fréquences industrielles jusqu'à environ 300 MHz.

2) Les méthodes à paramètres répartis, qui doivent être utilisées lorsque les variations spatiales du champ électromagnétique dans l'éprouvette ne peuvent plus être négligées. La présente recommandation décrit des méthodes qui tiennent compte de la propagation des ondes et qui couvrent la gamme de fréquences de 300 MHz aux fréquences du domaine visible.
Dans une gamme de fréquences étroite encadrant la fréquence « critique » d'environ 300 MHz (représentée en hachuré, figure 1, page 24), on peut utiliser soit l'une, soit l'autre des méthodes principales, le choix dépendant surtout des dimensions et de la permittivité de l'éprouvette.

1. Objet et domaine d'application

La présente recommandation s'applique aux méthodes de détermination de la permittivité relative et du facteur de dissipation diélectrique ainsi que des grandeurs qui s'y rapportent comme l'indice de pertes des matériaux diélectriques aux hyperfréquences (c'est-à-dire depuis environ 300 MHz jusqu'aux fréquences du domaine visible).

A la différence des méthodes de mesure utilisées aux fréquences plus basses (voir Publication 250 de la CEI), les méthodes de mesure traitées dans la présente recommandation sont caractérisées par le fait que les dimensions de l'éprouvette de mesure et/ou du dispositif de mesure à utiliser sont plus grandes ou du même ordre de grandeur que la longueur d'onde du champ électromagnétique à la fréquence de mesure.

Théoriquement, les méthodes décrites ne s'appliquent qu'aux matériaux d'essai ayant une perméabilité absolue égale à celle du vide. Généralement, on obtient une bonne approximation dans le cas des matériaux diamagnétiques ou paramagnétiques (couramment appelés matériaux non magnétiques) tandis que dans le cas des matériaux ferromagnétiques et ferrimagnétiques, on doit adopter des modes opératoires particuliers pour séparer les caractéristiques diélectriques des caractéristiques magnétiques. Toutefois, ces dernières méthodes sont en dehors du domaine d'application de la présente recommandation.

Note sur les propriétés magnétiques. — Les éprouvettes qui présentent des propriétés magnétiques peuvent être essayées conformément à la présente recommandation si la perméabilité est portée à saturation, au moyen d'un champ magnétique statique d'intensité suffisante, en courant continu.

RECOMMENDED METHODS FOR THE DETERMINATION OF THE DIELECTRIC PROPERTIES OF INSULATING MATERIALS AT FREQUENCIES ABOVE 300 MHz

Part 1: General

INTRODUCTION

Methods for the determination of the dielectric properties of insulating materials may be divided roughly into two main groups:

1) Lumped-parameter methods can be used when the wavelength of the applied electromagnetic field is large compared with the dimensions of the specimen. These relatively simple methods are dealt with in IEC Publication 250, Recommended Methods for the Determination of the Permittivity and Dielectric Dissipation Factor of Electrical Insulating Materials at Power, Audio and Radio Frequencies Including Metre Wavelengths, covering the frequency range from power frequencies up to about 300 MHz.

2) Distributed parameter methods shall be used when the spatial variation of the electromagnetic field over the specimen can no longer be ignored. Methods taking account of wave propagation are described in this recommendation, covering the frequency range from about 300 MHz up to optical frequencies.
In a narrow range of frequencies around the " critical " frequency of about 300 MHz (which is shown shadowed in Figure 1, page 25), either one of the main methods may be used, depending mainly on the dimensions and permittivity of the specimen.

1. Object and scope

This recommendation applies to the procedures for the determination of relative permittivity and dielectric dissipation factor and of quantities related to them, such as loss index, of dielectric materials in the microwave frequency region (i.e. frequencies above about 300 MHz up to optical frequencies).

Unlike the test methods employed at lower frequencies (see IEC Publication 250), the test methods dealt with in this recommendation use test specimen and/or test set-up dimensions larger than or comparable to the wavelength of the electromagnetic field of the test frequency.

In theory, the methods described apply only to test materials having the permeability of absolute vacuum. Good approximation in general is obtained for dia- and paramagnetic materials (so-called non-magnetic materials) whereas with ferro- and ferrimagnetic materials special procedures have to be chosen to separate the dielectric and magnetic properties. These latter methods, however, are beyond the scope of this recommendation.

Note on magnetic properties. — Specimens showing magnetic properties may be tested according to this recommendation if permeability is driven into saturation by a d.c. magnetic bias field of sufficient intensity.

En prenant des précautions particulières et moyennant l'utilisation de cellules de mesure de conception appropriée, les méthodes décrites permettent d'effectuer les mesures dans le cas des liquides ou des matériaux fusibles aussi bien que dans le cas des matériaux solides.

Les valeurs mesurées dépendent des conditions physiques telles que: fréquence, température, humidité et, dans des cas particuliers, aussi de l'intensité de champ.

Toutes les mesures et tous les calculs de la présente recommandation se basent sur une onde sinusoïdale de pulsation $\omega = 2\pi f$.

With special precautions and by the use of suitably designed measuring cells, liquids and fusible materials can be measured, as well as solid materials, by the methods described.

The measured values are dependent on physical conditions such as frequency, temperature, moisture content, and in special cases on field strength as well.

All measurements and calculations of this recommendation are based on a sinusoidal waveform of angular frequency $\omega = 2\pi f$.