

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE



BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

**Insulation coordination for equipment within low-voltage systems –
Part 2-1: Application guide – Explanation of the application of
the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing**

**Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse
tension –**

**Partie 2-1: Guide d'application – Explication de l'application de la série
CEI 60664, exemples de dimensionnement et d'essais diélectriques**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 60664-2-1:2011



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE



BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

**Insulation coordination for equipment within low-voltage systems –
Part 2-1: Application guide – Explanation of the application of
the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing**

**Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse
tension –**

**Partie 2-1: Guide d'application – Explication de l'application de la série
CEI 60664, exemples de dimensionnement et d'essais diélectriques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.080.30

ISBN 978-2-88912-351-3

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 Principles and practical application of the IEC 60664 series for insulation dimensioning of LV equipment.....	17
4.1 Basic principles	17
4.2 Coordination of overvoltage categories inside equipment	17
4.3 Practical use of the IEC 60664 series for the dimensioning of clearances.....	18
4.3.1 General	18
4.3.2 Practical use of Tables F.2 and F.7 of IEC 60664-1:2007 for the dimensioning of clearances	18
4.3.3 Practical use of Tables 2 and 3 of IEC 60664-5:2007 for the dimensioning of clearances	20
4.4 Practical use of the IEC 60664 series for the dimensioning of creepage distances.....	20
4.4.1 General	20
4.4.2 Practical use of Table F.4 of IEC 60664-1:2007 and Table 4 of IEC 60664-5:2007 for the dimensioning of creepage distances	21
4.4.3 Practical use of Table 5 in IEC 60664-5:2007 for dimensioning of creepage distances	22
4.4.4 Practical use of IEC 60664-1:2007 for checking the dimensioning of creepage distances with regard to time under voltage stress	22
4.4.5 Practical use of IEC 60664-3:2003 for the reduction of micro-environmental conditions for the dimensioning of creepage distances	23
4.5 Practical use of the IEC 60664 series for the dimensioning of solid insulation	23
4.5.1 General	23
4.5.2 Coordination of clearances and solid insulation	24
4.5.3 Practical information for checking the correct dimensioning of solid insulation.....	25
4.6 Practical use of the IEC 60664 series for designing functional insulation	31
4.6.1 General	31
4.6.2 Dimensioning and testing of functional isolation compared to basic insulation.....	31
4.7 Practical use of the IEC 60664 series for dimensioning with respect to the influence of the frequency of the voltage	32
4.7.1 General influence of the frequency on withstand characteristics	32
4.7.2 Influence of the frequency on the withstand characteristics of clearances.....	32
4.7.3 Influence of frequency on the withstand characteristics of creepage distances.....	32
4.7.4 Influence of frequency on the withstand characteristics of solid insulation.....	33
5 Four examples showing appropriate dimensioning of insulation within equipment.....	34
5.1 General	34
5.2 Examples for the dimensioning of clearances for class I equipment according to IEC 60664-1	36

5.3	Examples for the dimensioning of clearances for class II equipment according to IEC 60664-1	37
5.4	Examples for the dimensioning of clearances for class II equipment according to IEC 60664-5	39
6	Practical application of the IEC 60664 series with regards to particular questions	40
6.1	General	40
6.2	Testing complete equipment in case of components bridging the basic insulation.....	40
6.3	Testing complete equipment in case of components bridging the functional insulation.....	41
6.3.1	General	41
6.3.2	Verification of clearances and creepage distances	41
6.3.3	Verification of components bridging the insulation	42
6.4	Dimensioning of insulation distances for parts of equipment which can have isolation capability.....	42
6.4.1	General	42
6.4.2	Dimensioning for device associated with an equipment declared suitable for isolation	42
6.4.3	Dimensioning for device associated with an equipment not declared suitable for isolation	42
6.5	Testing with respect to high-frequency voltage stress.....	43
6.6	Practical information in case of substitution an impulse withstand test by an AC or DC test.....	43
6.6.1	General	43
6.6.2	Characteristics of the a.c. voltage substituted to an impulse withstand test for dielectric test	43
6.6.3	Characteristics of the d.c. voltage substituted to an impulse withstand test for dielectric test	44
7	Examples of a dimensioning worksheet (based on case A as described in IEC 60664-1:2007)	44
7.1	Use of IEC 60664-1:2007, for circuits in equipment either directly or not directly connected to the mains supply	44
7.2	Use of IEC 60664-5:2007, for circuits in equipment either directly or not directly connected to the mains supply	45
7.3	Use of IEC 60664-4:2005, for circuits in equipment either directly or not directly connected to the mains supply	46
7.4	Examples comparing the dimensioning of clearances and creepage distances according to IEC 60664-1 and IEC 60664-5 based on case A condition (basic insulation, for equipment up to 2 000 m altitude)	48
7.4.1	Circuits not directly connected to mains supply.....	48
7.4.2	Circuits not directly connected to mains supply.....	49
7.5	Examples of dimension comparison for clearances and creepage distances according to IEC 60664-1 and IEC 60664-4 based on case A condition (basic insulation, for equipment up to 2 000 m altitude)	50
7.5.1	Circuits not directly connected to mains supply.....	50
7.5.2	Circuits not directly connected to mains supply.....	52
Annex A (informative)	Overview of Clauses of IEC 60664-1 requiring decisions by technical committees, specification of options or requiring activities by the manufacturer	54
Annex B (informative)	Overview of Clauses of IEC 60664-4 requiring decisions by technical committees	58

Annex C (informative) Overview of Clauses of IEC 60664-5 requiring decisions by technical committees, specification of options or requiring activities by the manufacturer	59
Annex D (informative) Dimensioning of clearances and creepage distances for d.c. voltages above 1000 V d.c.	63
Bibliography.....	64
Figure 1 – Breakdown voltage of solid insulation depending upon the time of voltage stress	24
Figure 2 – Series connection of clearance and solid insulation.....	27
Figure 3 – Capacitive voltage divider	27
Figure 4 – Permissible field strength for dimensioning of solid insulation according to Equation (7).....	34
Figure 5a – Example 1 – Simple illustration of insulation system containing functional, basic and reinforced/double insulation for a class I equipment.....	35
Figure 5b – Example 2 – Dimensioning of clearances for class I equipment, based on overvoltage category III	36
Figure 5c – Example 3 – Dimensioning of clearances (class II equipment).....	37
Figure 5d – Example 4 – Dimensioning of clearances (class II equipment).....	39
Figure 6 – Arrangement for a.c. (or d.c.) voltage test	41
Table 1 – Examples for rated voltage 100 V and 230 V and overvoltage category II.....	26
Table 2 – Example 2 – Dimensioning of clearances according to Table F.2 of IEC 60664-1:2007 (pollution degree 2) (see example 2 of Figure 5b).....	36
Table 3 – Example 2 – Dimensioning of clearances according to Tables F.2 and F.7a of IEC 60664-1:2007, temporary overvoltages according to 5.3.3.2.3 of IEC 60664-1:2007 (U_n+1200 V) (see example 2 of Figure 5b)	37
Table 4 – Example 3 – Dimensioning of clearances according to Table F.2 of IEC 60664-1:2007 (pollution degree 2) (see example 3 of Figure 5c)	38
Table 5 – Example 3 – Dimensioning of clearances according to Tables F.2 and F.7a of IEC 60664-1:2007, temporary overvoltages according to 5.3.3.2.3 of IEC 60664-1:2007 (U_n+1200 V) (see example 3 of Figure 5c)	38
Table 6 – Example 4 – Dimensioning of clearances according to Table 2 of IEC 60664-5:2007 (see example 4 on Figure 5d)	39
Table 7 – Example 4 – Dimensioning of clearances according to Tables 2 and 3 of IEC 60664-5:2007, temporary overvoltages according to 5.3.3.2.3 of IEC 60664-1:2007 (U_n+1200 V) (see example 4 on Figure 5d)	40
Table 8 – Relationship between influencing parameters and normative references in IEC 60664-1	44
Table 9 – Relationship between influencing parameters and normative references in IEC 60664-1 or IEC 60664-5.....	45
Table 10 – Relationship between influencing parameters and normative references in IEC 60664-1 or IEC 60664-4	46
Table 11 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-1	48
Table 12 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-5	49
Table 13 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-1 in circuits not directly connected to mains supply	49

Table 14 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-5 in circuits not directly connected to mains supply	50
Table 15 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-1 in circuits not directly connected to mains supply	51
Table 16 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-4 (approximately homogeneous field)	51
Table 17 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-1 in circuits not directly connected to mains supply	52
Table 18 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-4 (approximately homogeneous field)	53
Table A.1 – Clauses and titles of IEC 60664-1 and items to be considered by technical committees	54
Table A.2 – Clauses and titles of IEC 60664-1 and optional specifications for consideration by technical committees	56
Table A.3 – Clauses and titles of IEC 60664-1 and required manufacturer activities	57
Table B.1 – Clauses and titles of IEC 60664-4 and optional specifications for consideration by technical committees	58
Table C.1 – Clauses and titles of IEC 60664-5 and items to be considered by technical committees	59
Table C.2 – Clauses and titles of IEC 60664-5 and optional specifications for consideration by technical committees	61
Table C.3 – Clauses and titles of IEC 60664-5 and required manufacturer activities	62
Table D.1 – Rated impulse voltage for equipment	63

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSULATION COORDINATION FOR EQUIPMENT
WITHIN LOW-VOLTAGE SYSTEMS –****Part 2-1: Application guide –
Explanation of the application of the IEC 60664 series,
dimensioning examples and dielectric testing**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC/TR 60664-2-1, which is a technical report, serves as an application guide for the IEC 60664 series and has been prepared by IEC technical committee 109: Insulation coordination for low-voltage equipment.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1997, and constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- the previous edition was only an application guide for IEC 60664-1. This second edition takes into account not only IEC 60664-1 but also the other parts IEC 60664-3, IEC 60664-4, and IEC 60664-5 and their interrelation;
- principles of the IEC 60664 series for insulation dimensioning of LV equipment are explained and examples of practical application are provided together with some background information;
- Annex A provides an overview of clauses of IEC 60664-1 requiring decisions by technical committees, or specification of options, or requiring activities of the manufacturer;
- Annex B provides an overview of such clauses of IEC 60664-4;
- Annex C provides an overview of such clauses of IEC 60664-5;
- Annex D amends the tables of Annex F of IEC 60664-1:2007 with rated impulse voltages for voltages line to neutral derived from nominal d.c. voltages up to and including 1 500 V.

The text of this application guide is based on the following documents:

Enquiry draft	Report on voting
109/82/DTR	109/83/RVC

Full information on the voting for the approval of this application guide can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104.

A list of all the parts in the IEC 60664 series, published under the general title *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this amendment and the base publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

The contents of the corrigendum of October 2011 have been included in this copy.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

This application guide provides information relating to insulation coordination, as described in the IEC 60664 series, for the benefit of IEC technical committees and manufacturers. It covers general information for the dimensioning of clearances, creepage distances and solid insulation for equipment.

It aims to highlight the use and understanding of the IEC 60664 series when applied by technical committees and manufacturers.

Insulation coordination for equipment implies the assessment of the minimum necessary dimensioning for clearances, creepage distances and solid insulation in order to allow safe use of the equipment during its lifetime, taking into consideration the foreseeable environmental conditions.

The main parameters to be taken into account for the understanding of the IEC 60664 series include:

- the maximum voltage stress to be withstood in order to avoid flashover across clearances;
- the characteristics of the solid insulating material and the environmental conditions regarding tracking. IEC 60664-3 provides methods for improving the micro-environment at the creepage distance;
- the electrical field stress through solid insulation as it relates to the risk of partial discharge and dielectric loss causing a risk of breakdown due to excessive heating. In particular, technical committees and manufacturers should consider a partial discharge test if the maximum peak voltage across the insulation material exceeds 700 V and the peak value of the field strength exceeds 1 kV/mm. Due to the fact that both partial discharge phenomena and dielectric losses increase in importance with voltage frequency, a dedicated standard, IEC 60664-4, applies for frequencies higher than 30 kHz;

NOTE IEC 60664-4 provides information concerning clearances, creepage distances, solid insulation and testing for frequencies above 30 kHz.

- the long-term maximum voltage stress to be withstood in order to avoid tracking over the surface of the insulation material;
- flashover; besides tracking, this is increasingly important with reduction of creepage distance in the presence of high humidity. IEC 60664-5 introduces humidity levels classifying the effects of humidity on creepage distances equal to or less than 2 mm.

Other stresses such as heat, vibration, mechanical shocks, radiation, etc. may influence the performance of solid insulating materials in service. Technical committees and manufacturers should consider the risks related to these stresses when specifying conditions for testing equipment to be used under particular situations.

INSULATION COORDINATION FOR EQUIPMENT WITHIN LOW-VOLTAGE SYSTEMS –

Part 2-1: Application guide – Explanation of the application of the IEC 60664 series, dimensioning examples and dielectric testing

1 Scope

This part of IEC 60664, which is a technical report, serves as an application guide for technical committees and manufacturers specifying dimensioning requirements for products in accordance with the IEC 60664 series.

The significant items for consideration are as follows:

- a) nominal system voltage(s) or rated insulation voltage(s);
- b) overvoltage category of the products (OV cat.);
- c) any type of overvoltages;
- d) frequency of the voltage;
- e) characteristics of the solid insulating material;
- f) pollution degree and humidity levels.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60085:2007, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*
Amendment 1 (2009)

IEC 60216 (all parts), *Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance*

IEC 60364-4-44:2007, *Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances*

IEC 60664-1:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60664-3:2003, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 3: Use of coating, potting or moulding for protection against pollution*

IEC 60664-4:2005, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 4: Consideration of high-frequency voltage stress*

IEC 60664-5:2007, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 5: Comprehensive method for determining clearances and creepage distances equal to or less than 2 mm*

IEC 61140:2001, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

NOTE All definitions can be found in the various parts of the IEC 60664 series, as indicated below.

3.0

apparent charge

q

electric charge which can be measured at the terminals of the specimen under test

NOTE 1 The apparent charge is smaller than the partial discharge.

NOTE 2 The measurement of the apparent charge requires a short-circuit condition at the terminals of the specimen under test.

[IEC 60664-1:2007, 3.18.1]

3.1

approximately homogeneous field

for frequencies exceeding 30 kHz the field is considered to be approximately homogeneous when the radius of curvature of the conductive parts is equal or greater than 20 % of the clearance

[IEC 60664-4:2005, 3.1]

3.2

base material

insulating material upon which a conductive pattern may be formed

NOTE The base material may be rigid or flexible, or both. It may be a dielectric or an insulated metal sheet.
(IEC 60194, definition 40.1334)

[IEC 60664-3:2003, 3.1]

3.3

basic insulation

insulation of hazardous-live-parts which provides basic protection

NOTE The concept does not apply to insulation used exclusively for functional purposes.
(IEV 826-12-14)

[IEC 60664-1:2007, 3.17.2]

3.4

clearance

shortest distance in air between two conductive parts

[IEC 60664-1:2007, 3.2]

3.5

coating

insulating material such as varnish or dry film laid on the surface of the assembly

NOTE Coating and base material of a printed board form an insulating system that may have properties similar to solid insulation.

[IEC 60664-3:2003, 3.5]

3.6

conductor

single conductive path in a conductive pattern

(IEC 60194, definition 22.0251)

[IEC 60664-3:2003, 3.3]

3.7

creepage distance

shortest distance along the surface of a solid insulating material between two conductive parts

(IEV 151-15-50)

[IEC 60664-1:2007, 3.3]

3.8

double insulation

insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

(IEV 826-12-16)

[IEC 60664-1:2007, 3.17.4]

3.9

electrical breakdown

failure of insulation under electric stress when the discharge completely bridges the insulation, thus reducing the voltage between the electrodes almost to zero

[IEC 60664-1:2007, 3.20]

3.10

electrical field strength

E

voltage gradient per unit length usually expressed in kV/mm

[IEC 60664-4:2005, 3.7]

3.11

environment

surrounding which may affect performance of a device or system

NOTE Examples are pressure, temperature, humidity, pollution, radiation, vibration.

(IEV 151-16-03, modified)

[IEC 60664-1:2007, 3.12]

3.12

flashover

electrical breakdown along a surface of solid insulation located in a gaseous or liquid medium

[IEC 60664-1:2007, 3.20.2]

3.13

functional insulation

insulation between conductive parts which is necessary only for the proper functioning of the equipment

[IEC 60664-1:2007, 3.17.1]

3.14

homogeneous field

electric field which has an essentially constant voltage gradient between electrodes (uniform field), such as that between two spheres where the radius of each sphere is greater than the distance between them

NOTE The homogeneous field condition is referred to as case B.

[IEC 60664-1:2007, 3.14]

3.15

impulse withstand voltage

highest peak value of impulse voltage of prescribed form and polarity which does not cause breakdown of insulation under specified conditions

[IEC 60664-1:2007, 3.8.1]

3.16

inhomogeneous field

electric field which does not have an essentially constant voltage gradient between electrodes (non-uniform field)

NOTE 1 The inhomogeneous field condition of a point-plane electrode configuration is the worst case with regard to voltage withstand capability and is referred to as case A. It is represented by a point electrode having a 30 μm radius and a plane of 1 m $\times$ 1 m.

NOTE 2 For frequencies exceeding 30 kHz the field is considered to be inhomogeneous when the radius of curvature of the conductive parts is less than 20 % of the clearance.

[IEC 60664-1:2007, 3.15, modified, and IEC 60664-4:2005, 3.2]

3.17

insulation

that part of an electrotechnical product which separates the conducting parts at different electrical potentials

(IEV 212-01-05)

[IEC 60664-1:2007, 3.17]

3.18

insulation coordination

mutual correlation of insulation characteristics of electrical equipment taking into account the expected micro-environment and other influencing stresses

[IEC 60664-1:2007, 3.1, modified]

3.19

macro-environment

environment of the room or other location in which the equipment is installed or used

[IEC 60664-1:2007, 3.12.1]

3.20

micro-environment

immediate environment of the insulation which particularly influences the dimensioning of the creepage distances

[IEC 60664-1:2007, 3.12.2]

3.21

overvoltage

any voltage having a peak value exceeding the corresponding peak value of maximum steady-state voltage at normal operating conditions

[IEC 60664-1:2007, 3.7]

3.22

overvoltage category

numeral defining a transient overvoltage condition

[IEC 60664-1:2007, 3.10, modified]

3.23**partial discharge**

PD

electric discharge that partially bridges the insulation

[IEC 60664-1:2007, 3.18]

3.24**partial discharge inception voltage** U_i

lowest peak value of the test voltage at which the apparent charge becomes greater than the specified discharge magnitude when the test voltage is increased above a low value for which no discharge occurs

NOTE For a.c. tests the r.m.s. value may be used.

[IEC 60664-1:2007, 3.18.4]

3.25**pollution**

any addition of foreign matter, solid, liquid, or gaseous that can result in a reduction of electric strength or surface resistivity of the insulation

[IEC 60664-1:2007, 3.11]

3.26**pollution degree**

numeral characterizing the expected pollution of the micro-environment

[IEC 60664-1:2007, 3.13]

3.27**printed board**

general term for completely processed printed circuit and printed wiring configurations

NOTE This includes single-sided, double-sided and multilayer boards with rigid, flexible, and rigid-flex base materials.

(IEC 60194, definition 60.1485)

[IEC 60664-3:2003, 3.2]

3.28**protection**

any kind of measure which reduces the influence of the environment

[IEC 60664-3:2003, 3.4]

3.29**r.m.s. withstand voltage**

highest r.m.s. value of a voltage which does not cause breakdown of insulation under specified conditions

[IEC 60664-1:2007, 3.8.2]

3.30**rated impulse voltage**

impulse withstand voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against transient overvoltages

[IEC 60664-1:2007, 3.9.2]

3.31

rated insulation voltage

r.m.s. withstand voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified (long-term) withstand capability of its insulation

NOTE The rated insulation voltage is not necessarily equal to the rated voltage of equipment which is primarily related to functional performance.

[IEC 60664-1:2007, 3.9.1]

3.32

rated recurring peak voltage

recurring peak withstand voltage value assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against recurring peak voltages

[IEC 60664-1:2007, 3.9.3]

3.33

rated temporary overvoltage

temporary withstand overvoltage value assigned by the manufacturer to the equipment, or to a part of it, characterizing the specified short-term withstand capability of its insulation against a.c. voltages

[IEC 60664-1:2007, 3.9.4]

3.34

rated voltage

value of voltage assigned by the manufacturer, to a component, device or equipment and to which operation and performance characteristics are referred

NOTE Equipment may have more than one rated voltage value or may have a rated voltage range.

[IEC 60664-1:2007, 3.9]

3.35

recurring peak voltage

U_{rp}

maximum peak value of periodic excursions of the voltage waveform resulting from distortions of an a.c. voltage or from a.c. components superimposed on a d.c. voltage

NOTE Random overvoltages, for example due to occasional switching, are not considered to be recurring peak voltages.

[IEC 60664-1:2007, 3.6]

3.36

recurring peak withstand voltage

highest peak value of a recurring voltage which does not cause breakdown of insulation under specified conditions

[IEC 60664-1:2007, 3.8.3]

3.37

reinforced insulation

insulation of hazardous-live-parts which provides a degree of protection against electric shock equivalent to double insulation

NOTE Reinforced insulation may comprise several layers which cannot be tested singly as basic insulation or supplementary insulation.

(IEV 826-12-17)

[IEC 60664-1:2007, 3.17.5]

3.38

routine test

test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria

[IEC 60664-1:2007, 3.19.2]

3.39

sampling test

test on a number of devices taken at random from a batch

[IEC 60664-1:2007, 3.19.3]

3.40

solid insulation

solid insulating material interposed between two conductive parts

NOTE In the case of a printed board with a coating, solid insulation consists of the board itself as well as the coating. In other cases, solid insulation consists of the encapsulating material.

[IEC 60664-3:2003, 3.6]

3.41

spacing

any combination of clearances, creepage distances and insulation distances through insulation

[IEC 60664-3:2003, 3.7]

3.42

specified discharge magnitude

magnitude of the apparent charge which is regarded as the limiting value according to the objective of this standard

NOTE The pulse with the maximum amplitude should be evaluated.

[IEC 60664-1:2007, 3.18.2]

3.43

supplementary insulation

independent insulation applied in addition to basic insulation for fault protection

(IEV 826-12-15)

[IEC 60664-1:2007, 3.17.3]

3.44

temporary overvoltage

overvoltage at power frequency of relatively long duration

[IEC 60664-1:2007, 3.7.1]

3.45

temporary withstand overvoltage

highest r.m.s. value of a temporary overvoltage which does not cause breakdown of insulation under specified conditions

[IEC 60664-1:2007, 3.8.4]

3.46

test

technical operation that consists of the determination of one or more characteristics of a given product, process or service according to a specified procedure

(ISO/IEC Guide 2:1996, 13.1)

NOTE A test is carried out to measure or classify a characteristic or a property of an item by applying to the item a set of environmental and operating conditions and/or requirements.

(IEV 151-16-13)

[IEC 60664-1:2007, 3.19]

3.47

transient overvoltage

short duration overvoltage of a few milliseconds or less, oscillatory or non-oscillatory, usually highly damped

(IEV 604-03-13)

[IEC 60664-1:2007, 3.7.2]

3.48

type test

test of one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain specifications

[IEC 60664-1:2007, 3.19.1]

3.49

peak value

U_{peak}
peak value of any type of periodic peak voltage across the insulation

[IEC 60664-4:2005, 3.3]

3.50

water adsorption

capability of insulating material to adsorb water on its surface

[IEC 60664-5:2007, 3.1]

3.51

withstand voltage

voltage to be applied to a specimen under prescribed test conditions which does not cause breakdown and/or flashover of a satisfactory specimen

(IEV 212-01-31)

[IEC 60664-1:2007, 3.8]

3.52

working voltage

highest r.m.s. value of the a.c. or d.c. voltage across any particular insulation which can occur when the equipment is supplied at rated voltage

NOTE 1 Transients are disregarded.

NOTE 2 Both open-circuit conditions and normal operating conditions are taken into account.

[IEC 60664-1:2007, 3.5]

4 Principles and practical application of the IEC 60664 series for insulation dimensioning of LV equipment

4.1 Basic principles

Insulation coordination implies the selection of the electric insulation characteristics of the equipment with regard to its application and in relation to its surroundings.

Insulation coordination can only be achieved if the design of the equipment is based on the stresses to which it is likely to be subjected during its anticipated lifetime regarding voltage and micro-environmental conditions.

With regard to voltage, due consideration shall be made to

- the voltages which can appear within the low-voltage supply system, including working voltage (RMS and peak), temporary overvoltage (peak) and impulse voltages (peak),
- the voltages generated by the equipment (which could adversely affect other equipment in the low-voltage supply system),
- the frequency of the steady-state voltage. For frequencies up to and including 30 kHz, IEC 60664-1 is sufficient, above 30 kHz, IEC 60664-4 also needs to be taken into account,
- the degree of continuity of service desired,
- the safety of persons and property, so that the probability of undesired incidents due to voltage stresses does not lead to an unacceptable risk of harm.

Insulation coordination applies to equipment which is connected to the public low-voltage systems. However, it is recommended to use the same principles for all other low-voltage systems which have no connection to the public low-voltage system. In those cases, however, other overvoltage categories and temporary overvoltages may be applicable for such equipment.

NOTE Technical committees using the IEC 60664 series should determine the appropriate maximum impulse voltage likely to occur in their application. This includes the nature of the source, distribution of the source, physical location (indoor/outdoor) and length of cabling, etc. Special attention is given to the fact that the impulse withstand voltage occurring on the non-mains system does not necessarily depend on the voltage. For certain applications, a minimum impulse withstand voltage independent of the voltage should be considered by technical committees.

Insulation coordination is also applicable to specially protected areas, e.g. as described in IEC 60079. In such cases, however, additional requirements are applicable, in particular with respect to the specification of the overvoltage category and the environmental conditions.

4.2 Coordination of overvoltage categories inside equipment

For equipment which is directly energized by the mains, the following coordination with respect to transient overvoltages originating from the mains is used:

- for circuits directly energized by the mains, the overvoltage category of the equipment is used for dimensioning;
- circuits that are energized from the secondary of an isolation transformer, where the secondary winding is earthed, or from a transformer employing an earth screen between primary and secondary, are not considered directly energized by the mains and an impulse withstand voltage is applicable one step lower in the preferred series of rated impulse voltage of 4.2.3 of IEC 60664-1:2007.

NOTE 1 A step can be considered within the numerals of the overvoltage categories or within the lines of Table F.1 in IEC 60664-1:2007.

NOTE 2 The transfer ratio of the transformer is not taken into account for the choice of the overvoltage category.

If surge protective devices (SPDs) are used to apply a lower overvoltage category for a circuit not directly energized by the mains, but inside the equipment, it is necessary to verify the

correct performance of such circuits by an appropriate test using a hybrid generator with a virtual impedance of $2\ \Omega$.

NOTE 3 The correct function of the surge protective device (SPD) depends upon the series impedance within the relevant circuit. Therefore, a test of the SPD in the relevant circuit is required.

4.3 Practical use of the IEC 60664 series for the dimensioning of clearances

4.3.1 General

All values in IEC 60664-1 or IEC 60664-5 are minimum values. These need to be maintained for the whole life of the equipment, taking into account manufacturing tolerances. Additionally, particular situations such as assembly on site of large equipment, e.g. wiring or protective conductive enclosure added on site, need to be considered regarding necessary tolerances.

NOTE 1 When dimensioning clearances to accessible surfaces of insulating material, such surfaces are assumed to be covered by metal foil. Further details can be specified by technical committees.

For clearances which are designed between case A and case B values according to IEC 60664-1, a voltage test is required in any case in order to check that no flashover occurs over the clearance. If this test is carried out with impulse voltage within complete equipment, a very low impedance of the generator can be required. For this purpose, a hybrid generator with a virtual impedance of $2\ \Omega$ may be appropriate. However, in any case a measurement of the correct test voltage directly at the clearance is required.

NOTE 2 It is recommended to apply case A during design. If not possible, impulse testing is necessary.

NOTE 3 In practice, some design may exist that lie in between the situation described in case A and case B. In this case, TCs should pay attention to 6.1.2.2.1.2 of IEC 60664-1:2007.

NOTE 4 Case A is the most unfavourable case where the electrical field is absolutely inhomogeneous between a sharp needle and a plane surface. Case B is the most favourable case where the electrical field is completely homogeneous between two plane surfaces. This case can never be reached in a real design.

4.3.2 Practical use of Tables F.2 and F.7 of IEC 60664-1:2007 for the dimensioning of clearances

4.3.2.1 General

Clearances are dimensioned to withstand the required impulse withstand voltage either:

- by requiring dimensions of not less than case A values; or
- by requiring verification by an impulse test (see 6.1.2.2.1.2 of IEC 60664-1:2007).

Clearances of basic and supplementary insulation are each dimensioned as specified in Table F.2 of IEC 60664-1:2007 corresponding to:

- the rated impulse voltage, according to 4.3.3.3 of IEC 60664-1:2007 or 4.3.3.4.1 of IEC 60664-1:2007; or
- the impulse withstand voltage requirements according to 4.3.3.4.2 of IEC 60664-1:2007.

Clearances of reinforced insulation are dimensioned as specified in Table F.2 of IEC 60664-1:2007 corresponding to the rated impulse voltage but one step higher in the preferred series of values in 4.2.3 of IEC 60664-1:2007 than that specified for basic insulation.

If the impulse withstand voltage required for basic insulation according to 4.3.3.4.2 of IEC 60664-1:2007 is other than a value taken from the preferred series, reinforced insulation is dimensioned to withstand 160 % of the impulse withstand voltage required for basic insulation.

NOTE 1 The rated impulse voltage specified in Table F.1 of IEC 60664-1:2007 depends on the appropriate overvoltage category. Overvoltage category I is not applicable to any circuit directly energized by the mains.

NOTE 2 In the case of d.c. voltage, the rated impulse voltage can also be chosen from Table F.1 in IEC 60664-1:2007. The overvoltage category can be chosen with the same rules used by TCs for a.c. systems.

For equipment directly connected to the supply mains, the required impulse withstand voltage is the rated impulse voltage established on the basis of 4.3.3.3 of IEC 60664-1:2007. Clearances are dimensioned according to Table F.7a of IEC 60664-1:2007 to withstand the peak value of the steady-state voltage (d.c. or 50/60 Hz), the temporary overvoltage or the recurring peak voltage. The dimensioning according to Table F.7 is compared with Table F.2, of IEC 60664-1:2007 taking into account the pollution degree. The larger clearance is selected.

NOTE 3 However, it is recommended to introduce a safety margin for the dimensioning according to Table F.7 of IEC 60664-1:2007 since this table provides a minimum dimensioning with respect to steady-state voltages.

It is recommended that technical committees consider the consequences of a flashover in a d.c. low-voltage system in order to decide whether it is necessary to introduce appropriate safety measures.

NOTE 4 An equipment directly energized by the mains can be either a fixed equipment directly connected to the mains or a normally plugged equipment energized from the mains through a plug and socket-outlet.

NOTE 5 It can be observed from the following example, applicable to most equipment used within an electrical installation directly connected to 230/400 V three-phase system, that the rated impulse voltage as specified in Table F.1 of IEC 60664-1:2007 is the highest overvoltage to be withstood by the equipment and leads to the appropriate dimensioning for clearances of basic insulation.

- EXAMPLE: A single-phase equipment, with a rated voltage equal to 250 V, directly connected to mains, 230 V between line and neutral, overvoltage category III, shall withstand a rated impulse voltage of 4 kV according to Table F.1 of IEC 60664-1:2007. The clearance shall therefore be 3 mm according to Table F.2 Case A, of IEC 60664-1:2007.
- The peak voltage for the steady-state voltage and the recurring peak voltages in this particular example have the same value, this is the peak voltage of the mains: 353 V and leads to a clearance 0,013 mm long according to Table F.7 Case A, of IEC 60664-1:2007.
- The temporary overvoltage is given in 5.3.3.2.3 of IEC 60664-1:2007 for short-term temporary overvoltages as follows: $U_n + 1\,200\text{ V}$. The peak voltage is therefore 2,050 kV and leads to a clearance 1,27 mm long according to Table F.7 Case A, of IEC 60664-1:2007.
- The length of the clearance for the basic insulation is therefore dimensioned according to the rated impulse voltage.

The pollution degree does not have a strong influence on the dimensioning of clearances. It can be observed from Table F.2 of IEC 60664-1:2007 that, above a certain minimum value, the same distances are given for clearances whatever the chosen pollution degree. However, the pollution degree cannot be ignored for small clearances where pollution such as solid particles, dust and condensation could bridge the air gap.

NOTE 6 More details regarding dimensioning of clearances for distances lower than 2 mm are given in IEC 60664-5 which takes into account humidity. See Clause 7 of this application guide for examples.

With respect to steady-state voltages, recurring peak voltages and temporary overvoltages clearances of reinforced insulation is dimensioned as specified in Table F.7a of IEC 60664-1:2007 to withstand 160 % of the withstand voltage required for basic insulation.

NOTE 7 It should be noted that while clearance for reinforced insulation is dimensioned with respect to 160 % of the temporary overvoltage for basic and supplementary insulation, the test voltage for verification of the clearance of the reinforced insulation is twice the voltage of the test voltage for verification of basic and supplementary insulation.

4.3.2.2 Design for high altitude above 2 000 m

The dimensioning of clearances aims to choose an air distance able to withstand the maximum peak voltage across the air gap between two parts at different voltages. According to Paschen's law, the behaviour of air to withstand a maximum voltage value is in relationship with air pressure. Tables F.2 and F.7 of IEC 60664-1:2007 have been drafted up to 2 000 m. Correction factors for altitudes above 2 000 m are given in Table A.2 of IEC 60664-1:2007.

When these correction factors for altitudes above 2 000 m are applied for determining the clearances, also the test voltage for the impulse voltage test is corrected accordingly. Therefore, the test voltage for the impulse voltage test is determined with the interpolation of Table A.2 of IEC 60664-1:2007 and applying the formulas of 6.1.2.2.1.3 of IEC 60664-1:2007.

4.3.3 Practical use of Tables 2 and 3 of IEC 60664-5:2007 for the dimensioning of clearances

For clearances requiring distances equal to or less than 2 mm for basic insulation, the dimensioning provided in IEC 60664-5 is more precise than that provided in IEC 60664-1. However, if the precision provided in IEC 60664-5 is not required, IEC 60664-1 may be applied instead.

A flashover across a clearance is induced by the peak value of the maximum voltage occurring across it. The purpose is therefore to choose the peak value of the maximum voltage that could occur across the clearance under rated condition in accordance with the manufacturer's declaration. The required impulse voltage for circuits directly energized by low-voltage mains can be directly read in Table F.1 of IEC 60664-1:2007.

The choice of the pollution degree shall be made in accordance with the normal use of equipment within the macro-environment.

Humidity is an influencing parameter for pollution degrees. IEC 60664-5, for distances equal to or less than 2 mm, focuses on humidity which leads to conductivity and possibly flashover. This aspect is taken into account in 4.4.3 of this application guide during the dimensioning of creepage distances with respect to flashover according to Table 5 of IEC 60664-5:2007.

NOTE 1 A relationship between humidity levels and relative humidity of the micro-environment is given in Table 1 in IEC 60664-5:2007.

The dimensioning of clearance with respect to transient overvoltages is specified in Table 2 of IEC 60664-5:2007. The minimum clearances in Table F.2 of IEC 60664-1:2007 for pollution degrees 2, 3 (and 4) have been deleted. Instead of the minimum clearances the more precise dimensioning described in 4.4.3 of this application guide with respect to the possible flashover of the parallel creepage distance according to Table 5 of IEC 60664-5:2007 is used.

For the dimensioning of clearances with respect to steady-state voltages the manufacturer assesses the maximum peak value of the steady-state voltage, temporary overvoltage or recurring peak voltage, and chooses the appropriate value from Table 3 in IEC 60664-5:2007.

NOTE 2 Considerations made on Case A and Case B for Table F.2 in 5.1.3 in IEC 60664-1:2007 and for Table 2 in IEC 60664-5:2007 also apply for this table.

NOTE 3 However, it is recommended to introduce a safety margin for the dimensioning according to Table 3 of IEC 60664-5:2007 since this table provides a minimum dimensioning with respect to steady-state voltages.

This value is compared to the value according to the procedure applicable in Table 2 of IEC 60664-5:2007.

4.4 Practical use of the IEC 60664 series for the dimensioning of creepage distances

4.4.1 General

The dimensioning values in IEC 60664-1 do not take into account the aspect of the minimum insulation resistance. Therefore, in particular within electronic equipment for functional reasons, it may be required to use a larger dimensioning or to improve the micro-environment at the creepage distance. Information for dimensioning with regard to minimum insulation resistance is given in Table A.1 and Table A.2 of IEC 60664-5:2007.

For creepage distances on printed wiring material only used under pollution degree 1 and 2, a reduced dimensioning is applicable according to IEC 60664-1. Attention is drawn on the possible reduction or other path of creepage distances due to the components.

The dimensioning of creepage distances according to IEC 60664-5 with respect to tracking and to flashover along the surface of the material for distances equal or lower than 2 mm can lead to a reduction of the distances.

4.4.2 Practical use of Table F.4 of IEC 60664-1:2007 and Table 4 of IEC 60664-5:2007 for the dimensioning of creepage distances

It is assumed that dry pollution at the surface of a material is generally not conductive. However, presence of water at the surface of the material modifies the conductivity of the pollution. A higher conductivity allows circulation of current at the surface of the materials, either between live parts or between live parts and earth. These currents are called tracking currents. During drying out, the tracking current will break causing surface scintillation whose high temperature (around 1 200 °C) is the origin of degradation of the surface of the insulating material. This phenomenon entails tracking.

NOTE It is obvious that pollution degree 4 cannot be used for the dimensioning of creepage distances since the surface is continuously conductive.

There are some materials, such as ceramic and glass, which do not track because the scintillation cannot break the chemical bonds at the surface of the material. Experience has shown that materials having a higher relative performance with regard to tracking also have approximately the same relative ranking according to the comparative tracking index (CTI). The CTI can be measured with the method given in IEC 60112.

For practical reasons, IEC 60664-1 introduces four different material groups:

- material group I: $600 \leq \text{CTI}$;
- material group II: $400 \leq \text{CTI} < 600$;
- material group IIIa: $175 \leq \text{CTI} < 400$;
- material group IIIb: $100 \leq \text{CTI} < 175$.

From the above explanation, Table F.4 of IEC 60664-1:2007 can be used as follows:

- first step: to choose the most appropriate pollution degree according to the normal use of the equipment;
- second step: to choose one insulating material and to allocate it to a material group based on its CTI;
- third step: to assess the highest value of the long-term r.m.s voltage across the creepage distance. This highest value can be either the working voltage or the highest rated voltage if the equipment has several rated voltages. In the case of d.c. rated voltage, the equivalent rated r.m.s voltage is chosen in Table F.4 of IEC 60664-1:2007;
- fourth step: to read the value given at the cross of the chosen column with the chosen line.

At this stage, there are two cases to be considered. Either the creepage distance is greater than the associated clearance or is smaller than the associated clearance.

- If the creepage distance is greater than the associated clearance, no further test is needed;
- If the creepage distance is smaller than the required clearance and if the field is in between an homogeneous and an inhomogeneous case (between Case A and Case B of Table F.2 of IEC 60664-1:2007 and Table F.7 of IEC 60664-1:2007), the associated clearance is tested according to 6.1.2 of IEC 60664-1:2007 in order to check that no flashover occurs over the associated clearance (see 5.2.2.6 in IEC 60664-1:2007). This can be explained as follows: When the electric field is homogeneous (Case B), Tables F.2

and F.7 of IEC 60664-1:2007 give the shortest clearance able to withstand the specified voltage. Therefore, it is not possible to reduce the creepage to a lower value than the clearance value read in Tables F.2 and F.7 of IEC 60664-1:2007. However, in practice, the electric field is generally inhomogeneous but not as inhomogeneous as the one described for Case A in Tables F.2 and F.7 of IEC 60664-1:2007. It is therefore possible that the actual electrical field conditions over the clearance associated with the creepage distance allow the equipment under test to withstand the maximum voltage stress. This shall be checked with an impulse voltage test.

4.4.3 Practical use of Table 5 in IEC 60664-5:2007 for dimensioning of creepage distances

In the presence of humidity, a surface-related phenomenon, called water adsorption, may trap water at the surface of the insulating materials leading to a higher risk of flashover. Insulating materials can be ranked with regard to water adsorption ability. A test provided in Annex B of IEC 60664-5:2007 allows classification of insulating materials with regard to water adsorption. There are four water adsorption groups (WAG) of materials.

The presence of water at the surface of materials depends on the WAG and of the humidity level (HL). The risk of flashover along the creepage distance at the surface of the insulating material increases with the HL and with the ability of the insulating material to trap water.

For HL1, the dimensioning of the clearances requirements according to Tables 2 and 3 of IEC 60664-5:2007 is applicable because the influence of water does not increase significantly the risk of flashover.

For HL2 and HL3, Table 5 of IEC 60664-5:2007 shows the dimensioning of the creepage distances with regard to the WAG in order to avoid flashover. Since the flashover along the surface occurs in air, Table 5 of IEC 60664-5:2007 is valid for altitudes up to 2 000 m above sea level. Above 2 000 m, the altitude correction factor given in IEC 60664-1 is used.

The creepage distance is the higher value in Tables 4 and 5 in IEC 60664-5:2007. In any case it is obvious, that for homogeneous field conditions, the creepage distance cannot be less than the associated clearance. For inhomogeneous field conditions, a creepage distance less than the associated clearance required in Table 2 of IEC 60664-5:2007 may only be used under HL1 and HL2.

Such dimensioning shall be verified with an impulse voltage test.

NOTE In the case of d.c. voltage, the peak value chosen in Table 5 of IEC 60664-5:2007 is the maximum d.c. voltage across the creepage distance.

4.4.4 Practical use of IEC 60664-1:2007 for checking the dimensioning of creepage distances with regard to time under voltage stress

The creepage distances shown in Table F.4 of IEC 60664-1:2007 have been determined for insulation intended to be under continuous voltage stress for a long time.

NOTE 1 Technical committees responsible for equipment in which insulation is under voltage stress for only a short time may consider allowing shorter creepage distances than those specified in Table F.4 of IEC 60664-1:2007.

Creepage distances of basic and supplementary insulation are selected from Table F.4 of IEC 60664-1:2007 for:

- the rationalized voltages given in columns 2 and 3 of Table F.3a of IEC 60664-1:2007 and columns 2, 3 and 4 of Table F.3b of IEC 60664-1:2007, corresponding to the nominal voltage of the supply low-voltage mains;
- the rated insulation voltage according to 4.3.2.2.1 of IEC 60664-1:2007;
- the voltage specified in 4.3.2.2.2 of IEC 60664-1:2007.

NOTE 2 For supplementary insulation, the pollution degree, insulating material, mechanical stresses and environmental conditions of use may be different from those for basic insulation.

Creepage distances for reinforced insulation is twice the creepage distance for basic insulation from Table F.4 of IEC 60664-1:2007.

4.4.5 Practical use of IEC 60664-3:2003 for the reduction of micro-environmental conditions for the dimensioning of creepage distances

Dimensioning of spacings between conductors depends on environmental conditions. Regarding tracking, the choice of the pollution degree is linked to macro-environmental conditions.

The macro-environment influences the micro-environment at the surface of the insulating material. Without any protective measure, the micro-environmental conditions are the same as those of the macro-environment.

It is possible to improve the micro-environmental conditions at the insulation surface by the use of coating, potting or moulding as described in IEC 60664-3. This protection provides a more favourable micro-environmental condition, allowing a reduction of clearance and creepage distances.

NOTE 1 IEC 60664-3 deals mainly with evaluation and testing of the use of coating on PWBs. The standard also covers evaluation and testing when protection is realized by means of potting or moulding. In the latter case, technical committees should carefully consider the relevance of the verification and test procedures described in IEC 60664-3. Modifications to the verification and test procedures might be relevant to reflect the specific application.

IEC 60664-3 describes the requirements and test procedures for two methods of permanent protection applicable to all kinds of protected printed boards, including the surface of inner layers of multi-layer boards, substrates and similarly protected assemblies.

The two types of protection are as follows:

Type 1 protection improves the micro-environment of the parts under protection. The dimensioning of clearances and creepage distances under protection follows the distance requirements of IEC 60664-1 or IEC 60664-5 for pollution degree 1. Between two conductive parts, it is a requirement that one or both conductive parts, together with all the spacings between them, are covered by this protection.

Type 2 protection is considered to be similar to solid insulation. Under this protection, the requirements for solid insulation specified in IEC 60664-1 are applicable and the spacings are not less than those specified in Table 1 of IEC 60664-3:2003. The requirements for clearances and creepage distances in IEC 60664-1 or IEC 60664-5 do not apply. Between two conductive parts, it is a requirement that both conductive parts, together with all the spacings between them, are covered by this protection so that no air gap exists between the protective material, the conductive parts and the printed board.

NOTE 2 Above 30 kHz, the additional requirements of IEC 60664-4 for solid insulation are applicable for Type 2 protection.

4.5 Practical use of the IEC 60664 series for the dimensioning of solid insulation

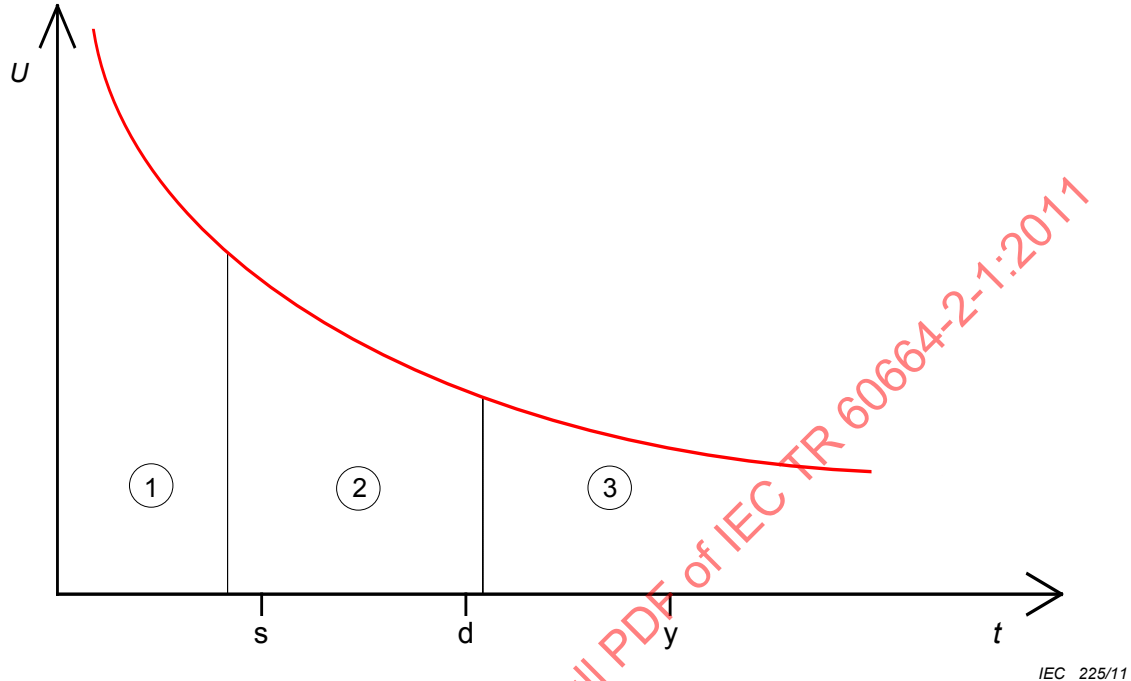
4.5.1 General

Sometimes, solid insulation is designed according to the breakdown data supplied by the manufacturers of insulating material. When using such data, it has to be taken into account that these have been obtained under particular and rather favourable conditions:

- usually homogeneous field distribution has been provided;
- usually ambient room temperature has been applied during testing;

- usually short-time testing has been performed;
- in many cases d.c. voltage has been used for testing.

The general influence of the time of testing on the breakdown voltage is shown in Figure 1. The time scale applies to the power-frequency voltage.



Key

s seconds; d days; y years; t time; U voltage

range 1 electrical breakdown

range 2 breakdown caused by excessive heating

range 3 breakdown caused by ageing (i. e. by partial discharges)

Figure 1 – Breakdown voltage of solid insulation depending upon the time of voltage stress

Compared to the conditions within real equipment, such data can deviate by orders of magnitude from the long-term withstand capability of such insulation. Therefore, this data cannot be used directly for dimensioning of solid insulation.

With regard to insulation coordination as described in IEC 60664-1, in general a design of solid insulation according to the thickness and the relevant breakdown field strength is only possible if:

- the field distribution is homogeneous and if no voids or air gaps are present within the insulation system (see IEC 60664-4 for high-frequency voltage stress); or
- the field strength is low enough so that no partial discharges occur.

4.5.2 Coordination of clearances and solid insulation

In many cases, clearances and solid insulation are stressed by the same voltage. In such a case, the dimensioning should take into account that, in contrast to solid insulation, clearances are self restoring. Therefore, the withstand capability of the clearances should be lower than that of the solid insulation so that breakdown of the clearance occurs before the solid insulation can be damaged.

4.5.3 Practical information for checking the correct dimensioning of solid insulation

4.5.3.1 Dimensioning according to the breakdown field strength

In principle, dimensioning of solid insulation may be based on the breakdown field strength data. This, however, requires knowledge of such data for the practical conditions of use, i.e. long-term voltage stress and the additional influence of aggravating effects like increased ambient temperature, humidity and mechanical stress. Even if such data is available, simple dimensioning rules can only be established if the field distribution inside the solid insulation is nearly homogeneous; otherwise, the field strength inside the solid insulation cannot be calculated.

EXAMPLE:

E_{peak} breakdown field strength of the solid insulation (peak value): 45 kV/mm; (specified by the manufacturer of the insulating material);

d thickness of the solid insulation: 0,1 mm;

U_{peak} maximum voltage stress (peak value): 4,5 kV.

However, if air gaps are included within the solid insulation, this procedure can be greatly misleading in practice, see 4.5.3.4.2.

This is caused by the inhomogeneous voltage distribution within such an insulation system and the lower withstand capability of air, compared to that of the solid insulation (see 4.5.3.4.2, in particular case b)).

4.5.3.2 Dimensioning according to testing

If the breakdown field strength of the solid insulation is not known for the conditions of the intended use and/or if the field distribution inside the solid insulation is not known, the correct performance of the solid insulation can only be shown by appropriate testing according to 6.1.3 of IEC 60664-1:2007. This also requires correct conditioning according to 6.1.3.2 of IEC 60664-1:2007.

The following tests may be applicable:

- a) The impulse voltage withstand test (see 6.1.3.3 of IEC 60664-1:2007) to verify the capability of the solid insulation to withstand the rated impulse voltage (see 5.3.3.2.2 of IEC 60664-1:2007).
- b) The a.c. voltage test (see 6.1.3.4 of IEC 60664-1:2007) to verify the capability of the solid insulation to withstand the highest voltage value from among the following:
 - short-term temporary overvoltage (see 5.3.3.2.3 of IEC 60664-1:2007);
 - highest steady-state voltage;
 - the recurring peak voltage (see 5.3.3.2.4 of IEC 60664-1:2007).

If the peak value of the a.c. test voltage is equal to or higher than the rated impulse voltage, the a.c. voltage test also covers the impulse voltage test.

Solid insulation has a different withstand characteristic compared to clearances if the duration of stress is increased. In general, the withstand capability will be decreased significantly. Therefore, the a.c. voltage test, which is specified for the verification of the withstand capability of solid insulation, is not allowed to be replaced by an impulse voltage test.

- c) The partial discharge test (see 6.1.3.5 of IEC 60664-1:2007) to verify that no partial discharges are maintained in the solid insulation:
 - at the highest steady-state voltage;
 - at the long-term temporary overvoltage (see 5.3.3.2.3 of IEC 60664-1:2007);
 - at the recurring peak voltage (see 5.3.3.2.4 of IEC 60664-1:2007).

- d) The high-frequency voltage test (see 6.1.3.7 in IEC 60664-1:2007) to verify the absence of failure due to dielectric heating according to 5.3.3.2.5 of IEC 60664-1:2007.

For equipment connected to different low-voltage mains, the following test voltages are applicable if the partial discharge test and the high-frequency voltage test are not considered for simplification.

Table 1 – Examples for rated voltage 100 V and 230 V and overvoltage category II

Insulation (5.1.6 of IEC 60664- 1:2007)	Impulse voltage (V) (6.1.3.3 of IEC 60664-1:2007)		To cover impulse voltage test		For the highest of the voltages mentioned in 6.1.3.1 b) ^b of IEC 60664-1:2007	
			AC voltage (V r.m.s) ^c		AC voltage (V r.m.s) 6.1.3.4 of IEC 60664-1:2007	
	Rated voltage		Time		Rated voltage	
	100 V ^e	230 V			100 V	230 V
Basic and supplementary	800 (1 500)	2 500	^a	566 (1 061)	1 768	60 s ^d
Reinforced	1 500 (2 500)	4 000		1 061 (1 768)	2 828	60 s ^d

^a Five impulses of each polarity with an interval of at least 1 s between impulses.

^b The voltages are the short-term temporary overvoltage, the highest steady-state voltage and the recurring peak voltage. The values in the two columns are given for the short-term temporary overvoltage, which usually is the most stringent requirement.

^c The peak values of these voltages are equal to the rated impulse voltage.

^d The test duration can be reduced to 5 s if the short-term temporary overvoltage does lead to the most stringent requirements.

^e The values in parenthesis are used for Japan. See footnote ⁵⁾ of Table F.1 in IEC 60664-1:2007.

4.5.3.3 Series connection of clearances and solid insulation

4.5.3.3.1 General

Three cases can be distinguished.

In the first case, the series connection of clearances and solid insulation is a consequence of the product design. In this case, usually rather large clearances are addressed.

In the second case, the series connection of clearances and solid insulation is a result of the particular design of the insulation system, e.g. the use of several layers of thin sheet insulating material.

In the third case, the series connection of clearances and solid insulation is a result of the imperfect manufacturing of the solid insulation, including the interface to the conductive parts.

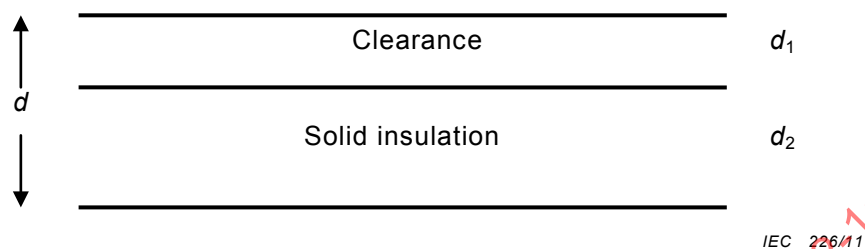
In the latter two cases, rather small air gaps or small air bubbles are connected in series with the solid insulation. All three cases require a calculation of the voltage distribution across the series connected insulators, according to the relevant impedances.

For d.c. voltage, these impedances are determined by the insulation resistances. As in air, the insulation resistance is nearly infinite, the impedance of the air gap is much higher than that of the solid insulator. So, nearly the whole d.c. voltage is applied across the clearance.

For a.c. voltage, the impedances of the series connected insulators are determined by their capacitances. Usually, for rather low frequencies as considered in IEC 60664-1, the dielectric

losses do not need to be considered for the calculation of the voltage distribution. Therefore, the permittivity of the solid insulator becomes a decisive influence on the voltage distribution.

For an easy calculation of the capacitive voltage distribution, those capacitances are considered as plate-to-plate capacitors with an homogeneous field distribution. This situation is described in Figure 2:



Key

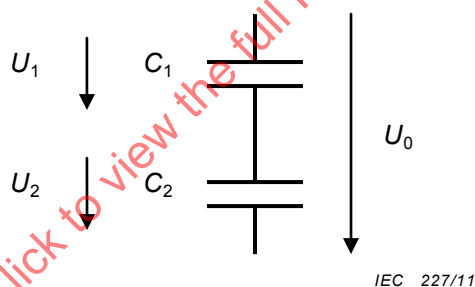
d total distance

d_1 clearance

d_2 thickness of the solid insulation

Figure 2 – Series connection of clearance and solid insulation

C_1 and C_2 form a capacitive voltage divider according to Figure 3 and the applied a.c. voltage U_0 is divided according to Equations (2) and (3) in the voltages U_1 and U_2 .



Key

U_0 applied a.c. voltage

C_1 capacitance of the clearance

U_1 voltage across the clearance

C_2 capacitance of the solid insulation

U_2 voltage across the solid insulation

Figure 3 – Capacitive voltage divider

$$U_0 = U_1 + U_2 \quad (1)$$

$$U_1 = U_0 \frac{C_2}{C_1 + C_2} \quad (2)$$

$$U_2 = U_0 \frac{C_1}{C_1 + C_2} \quad (3)$$

The capacitances C_1 and C_2 are given by Equations (4) and (5):

$$C_1 = \varepsilon_0 \frac{A}{d_1} \quad (4)$$

$$C_2 = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d_2} \quad (5)$$

where

A is the area of the plate-to-plate capacitors C_1 and C_2 ;

ε_0 is the permittivity of the air;

ε_r is the permittivity of the solid insulation.

For the voltage division, the capacitance ratio as given in Equation (6) is relevant.

$$C_1 = C_2 \frac{d_2}{d_1} \frac{1}{\varepsilon_r} \quad (6)$$

The breakdown field strength of the clearance (E_1) can be computed using the a.c. breakdown voltage and the corresponding clearance of Table A.1 of IEC 60664-1:2007. For simplification, the examples given in this application guide are based on homogeneous field conditions. The breakdown field strength of the solid insulation (E_2) should be specified by the manufacturer of the material.

A precise calculation of the voltage distribution is much more complicated to make and the above formulae can only be considered as an approximation, taking into account homogeneous field distribution. For small distances up to around 0,1 mm, this approximation is rather precise. For rather large distances, it is not appropriate.

4.5.3.3.2 Series connection of clearances and solid insulation by design

The following examples deal with the series connection of clearances and solid insulation as designed within equipment.

4.5.3.3.3 Series connection of clearances and solid insulation by design for d.c. voltage

For d.c. voltage as mentioned before, nearly the whole voltage is applied across the clearance. So, the clearance alone is designed to withstand this voltage. In case of flashover of the clearance, the whole voltage is applied to the solid insulation.

Rule: In order to prevent any deterioration of the solid insulation in this situation, also the solid insulation is also designed to withstand the entire voltage.

4.5.3.3.4 Series connection of clearances and solid insulation by design for a.c. voltage

For a.c. voltage, the voltage distribution is calculated according to the relevant capacitances. In the following example, the dimensions are assumed according to the most likely situation with a rather large clearance and a thin layer of solid insulation in series.

EXAMPLE:

$$d_1 = 3 \text{ mm}, d_2 = 0,1 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_r = 4,5$$

Application of Equation (6) results in: $C_1 = 0,0074 C_2$

Application of Equation (2) results in: $U_1 = 0,993 U_0$

Application of Equation (3) results in: $U_2 = 0,007 U_0$

The result is that nearly the whole voltage is applied across the clearance. So, the clearance alone needs a dimensioning to withstand this voltage. In case of flashover of the clearance, the whole voltage is applied to the solid insulation.

Rule: In order to prevent any deterioration of the solid insulation in this situation, the solid insulation is also designed to withstand the entire voltage.

4.5.3.4 Series connection of clearances and solid insulation caused by air gaps or air bubbles

The following examples deal with the series connection of clearances and solid insulation as a result of the particular design of the insulation system, e.g. the use of several layers of thin sheet insulating material, and/or as a result of the imperfect manufacturing of the solid insulation, including the interface to the conductive parts. In these cases, rather small air gaps or small air bubbles are connected in series with the solid insulation.

4.5.3.4.1 Series connection of clearances and solid insulation caused by air gaps or air bubbles for d.c. voltage

For d.c. voltage, the relevant impedances are determined by the insulation resistances. As in air the insulation resistance is nearly infinite, the impedance of the air gap is much higher than that of the solid insulator. So nearly the whole d.c. voltage is applied across the clearance. This can result in partial discharges within the clearance, which can deteriorate the neighbouring solid insulation. However, the repetition frequency of these partial discharges is very low, caused by the high recharging time for the voltage across the clearance. So, the potential of deterioration is rather low and the time to failure will be rather long.

Due to the low repetition rate, partial discharge testing is very difficult for d.c. voltage stress.

4.5.3.4.2 Series connection of clearances and solid insulation caused by air gaps or air bubbles for a.c. voltage

For a.c. voltage, the voltage distribution is calculated according to the relevant capacitances. For the following example, the dimensions are assumed according to the most likely situation with a rather small clearance and a comparatively thick layer of solid insulation in series.

The following example gives a more realistic description of the situation than that addressed in the example of 4.5.3.1.

EXAMPLE:

$$d = 0,1 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_r = 4,5$$

$$E_{2\text{peak}} = 45 \text{ kV/mm}$$

Case a)

$$d_1 = 0,01 \text{ mm}, d_2 = 0,09 \text{ mm}$$

$$E_{1\text{peak}} = 33 \text{ kV/mm}$$

NOTE 1 Computed, taking the relevant peak value of the a.c. breakdown voltage for the homogeneous field distribution of Table A.1 in IEC 60664-1:2007 for $d_1 = 0,01 \text{ mm}$.

Application of Equation (6) results in: $C_1 = 2 C_2$

Application of Equation (2) results in: $U_1 = 0,333 U_0$

Application of Equation (3) results in: $U_2 = 0,666 U_0$

The breakdown field strength E_1 of the clearance is:

$$E_{1\text{peak}} = \frac{U_1}{d_1} = 0,333 \frac{U_{0\text{peak}}}{d_1} = 33 \frac{\text{kV}}{\text{mm}}$$

Thus, the breakdown of the clearance occurs at:

$$U_{0\text{peak}} = \frac{E_{1\text{peak}} d_1}{0,333} = 33 \frac{0,01}{0,333} \text{ kV} = 0,99 \text{ kV}$$

This is likely to be the partial discharge inception voltage. For a.c. voltage stress, the repetition frequency of the partial discharges is at least as high as the frequency of the voltage. The potential of deterioration is therefore much higher than for d.c. voltage and failure can occur during much shorter periods of time. To avoid breakdown, in no case a peak value of the steady-state voltage greater than 0,99 kV shall occur across this insulation system.

According to the example of 4.5.3.1, a significantly higher performance of the solid insulation with a peak value of the breakdown voltage of 4,5 kV would have been expected.

The conclusion is that every design of an insulation system, including air gaps caused by using several layers of thin sheet insulation material and/or resulting from the imperfect manufacturing of the solid insulation, should be verified that there is no risk of partial discharge.

Case b)

$$d_1 = 0,05 \text{ mm}, d_2 = 0,05 \text{ mm}$$

$$E_{1\text{peak}} = 11,2 \text{ kV/mm}$$

NOTE 2 Computed, taking the relevant peak value of the a.c. breakdown voltage for the homogeneous field distribution of Table A.1 in IEC 60664-1:2007 for $d_1 = 0,05 \text{ mm}$.

Application of Equation (6) results in: $C_1 = 0,222 C_2$

Application of Equation (2) results in: $U_1 = 0,818 U_0$

Application of Equation (3) results in: $U_2 = 0,182 U_0$

The breakdown field strength E_1 of the clearance is:

$$E_{1\text{peak}} = \frac{U_1}{d_1} = 0,818 \frac{U_{0\text{peak}}}{d_1} = 11,2 \frac{\text{kV}}{\text{mm}}$$

Thus, the breakdown of the clearance occurs at:

$$U_{0\text{peak}} = \frac{E_{1\text{peak}} d_1}{0,818} = 11,2 \frac{0,05}{0,818} \text{ kV} = 0,685 \text{ kV}$$

This is likely to be the partial discharge inception voltage. So, in no case shall a peak value of the steady-state voltage greater than 0,685 kV occur across this insulation system.

NOTE 3 This value of 685 V should be compared with the value of 700 V given in 6.1.3.1 in IEC 60664-1:2007 as a requirement for the partial discharge test.

According to the example in 4.5.3.1, a much higher performance of the solid insulation with a peak value of the breakdown voltage of 4,5 kV would have been expected. This shows that, in particular rather large air gaps lead to a very poor performance of such insulation.

The conclusion is that every design of an insulation system, including air gaps caused by using several layers of thin sheet insulation material and/or resulting from the imperfect manufacturing of the solid insulation, should be verified so that there is no risk of partial discharge.

4.6 Practical use of the IEC 60664 series for designing functional insulation

4.6.1 General

The minimum clearances, minimum creepage distances and minimum requirements for solid insulation, which are specified in the IEC 60664 series, are also applicable for functional insulation. For functional reasons, additional requirements may be applicable for instance with respect to the minimum insulation resistance (see Annex A of IEC 60664-5:2007).

The withstand voltage requirements for functional insulation, however, can be different from those required for basic insulation.

4.6.2 Dimensioning and testing of functional isolation compared to basic insulation

The principles for dimensioning of functional insulation are given in 4.1.

For a clearance of functional insulation, the required withstand voltage is the maximum impulse voltage (see Table E.2 of IEC 60664-1:2007) or steady-state voltage (with reference to Table F.7 of IEC 60664-1:2007) or recurring peak voltage (see Table F.7 of IEC 60664-1:2007) expected to occur across it, under rated conditions of the equipment, and in particular the rated voltage and rated impulse voltage.

Creepage distances of functional insulation is dimensioned as specified in Table F.4 of IEC 60664-1:2007 corresponding to the working voltage across the creepage distance considered.

If IEC 60664-5 is used, creepage distances of functional insulation is dimensioned according to Table 4 of IEC 60664-5:2007 and the working voltage with respect to tracking, and Table 5 of IEC 60664-5:2007 with respect to the highest peak voltage in order to avoid flashover, the higher value being used.

When the working voltage is used for dimensioning, it is permitted to interpolate values for intermediate voltages. In such a case, linear interpolation is used and values are rounded to the same number of digits as those taken from the Tables.

In equipment which is under voltage stress for only a short time, creepage distances of functional insulation may have a reduced dimensioning, for instance one voltage step lower than specified in Table F.4 of IEC 60664-1:2007.

Testing of functional insulation follows the same procedures as specified in 6.1 of IEC 60664-1:2007. The test voltages, however, can be different from those required for basic insulation.

4.7 Practical use of the IEC 60664 series for dimensioning with respect to the influence of the frequency of the voltage

4.7.1 General influence of the frequency on withstand characteristics

Within the scope of IEC 60664-1, it is considered that the influence of the frequency of the voltage is covered by the minimum values given for frequencies up to and including 30 kHz. For higher frequencies, a reduction of the withstand capability of any type of insulation needs to be expected and taken into account for dimensioning.

For frequencies greater than 30 kHz and up to 10 MHz, IEC 60664-4 shall be applied together with IEC 60664-1 or IEC 60664-5.

4.7.2 Influence of the frequency on the withstand characteristics of clearances

The withstand voltage capability within the scope of IEC 60664-4 will only be influenced by the frequency for periodic voltages. For transient overvoltages, dimensioning according to IEC 60664-1 or IEC 60664-5 is sufficient.

For frequencies exceeding 30 kHz within the scope of IEC 60664-4, the withstand voltage capability of clearances with homogenous and approximately homogenous field distribution can be reduced by up to 20 %. For frequencies exceeding 30 kHz, an approximately homogeneous field is considered to exist when the radius of curvature of the conductive parts is equal to or greater than 20 % of the clearance.

Dimensioning for approximately homogeneous field distribution is carried out, taking into account 125 % of the required withstand voltage of the clearance according to the case A values in Table F.7 of IEC 60664-1:2007 or Table 3 of IEC 60664-5:2007. No withstand voltage test is required.

Dimensioning smaller than for approximately homogeneous field distribution (case A values in Table F.7 of IEC 60664-1:2007 or Table 3 of IEC 60664-5:2007) requires a withstand voltage test according to 6.1.2 of IEC 60664-1:2007 or IEC 60664-5. However, the minimum clearance cannot be smaller than that which is obtained by taking into account 125 % of the required withstand voltage of the clearance according to the case B values in Table F.7 of IEC 60664-1:2007 or Table 3 of IEC 60664-5:2007.

For frequencies exceeding 30 kHz, an inhomogeneous field is considered to exist when the radius of curvature of the conductive parts is less than 20 % of the clearance. For inhomogeneous field distribution, the reduction of the withstand voltage capability of clearances can be much higher. Dimensioning for inhomogeneous field distribution is carried out for the required withstand voltage of the clearance according to the values in Table 1 of IEC 60664-4:2005. No withstand voltage test is required.

The dimensioning for inhomogeneous field and high voltage stress, >1 kV condition, leads to impractical distances. It is therefore preferable to choose a design improving the field distribution (approximately homogeneous field distribution).

4.7.3 Influence of frequency on the withstand characteristics of creepage distances

For frequencies of voltage greater than 30 kHz, in addition to tracking, thermal effects need to be taken into account with respect to the withstand capability of creepage distances. Dimensioning is performed both for the required r.m.s. withstand voltage of the creepage distance according to the values in Table F.4 of IEC 60664-1:2007 and for the required peak withstand voltage according to the values in Table 2 of IEC 60664-4:2005. This peak

withstand voltage is the highest value of any periodic peak of the voltage across the creepage distance. The greater of the distances is applicable.

In Table 2 of IEC 60664-4:2005, interpolation for the frequencies is allowed. The values in Table 2 of IEC 60664-4:2005 are applicable for pollution degree 1. The creepage distances for pollution degree 2 and 3 are found by using a multiplication factor of 1,2 for pollution degree 2 respectively 1,4 for pollution degree 3.

The dimensioning according to Table 2 of IEC 60664-4:2005 is applicable for all insulating materials which can be deteriorated by thermal effects. This includes typical base materials for printed wiring boards made from epoxy resin. For insulating materials which cannot be deteriorated by thermal effects and where no tracking needs to be expected, dimensioning according to the clearance requirements, as described in 4.7.2, is sufficient.

4.7.4 Influence of frequency on the withstand characteristics of solid insulation

For frequencies greater than 30 kHz, the reduced withstand capability of solid insulation also needs to be taken into account for dimensioning. This reduction is caused by two different effects. The first effect is the increased heating of the solid insulating materials caused by dielectric losses. This is a particular problem for materials with high loss factor as for instance laminated paper. The second effect is the accelerated deterioration caused by the high frequency of partial discharges. Therefore, no partial discharges are permitted in normal service conditions. In addition, a reduction of the partial discharge inception voltage with the increase of the frequency needs to be taken into account.

For these reasons, precise dimensioning of solid insulation requires testing with high-frequency voltage. However, such tests are difficult and require special equipment. Therefore, in IEC 60664-4 also a simplified method of dimensioning of solid insulation based on distance requirements is proposed.

This simplified method of dimensioning can be used instead of high-frequency testing according to Clause 7 of IEC 60664-4:2005. It applies for a maximum frequency of the voltage of 10 MHz, if the field strength is approximately uniform, not exceeding the specified values according to Equation (7) or Figure 4 respectively and if no voids or air gaps are present in between the solid insulation. In this context, the electric field is considered to be approximately uniform if the deviations from the average value of the field strength are less than $\pm 20\%$.

For thick layers of solid insulation of $d_1 \geq 0,75$ mm, the peak value of the field strength E needs to be equal or less than 2 kV/mm. For thin layers of solid insulation of $d_2 \leq 30$ μ m, the peak value of the field strength needs to be equal to or less than 10 kV/mm. For $d_1 > d > d_2$, Equation (7) is used for interpolation for a certain thickness d (see also Figure 4):

$$E = \left(\frac{0,25}{d} + 1,667 \right) \frac{\text{kV}}{\text{mm}} \quad (7)$$

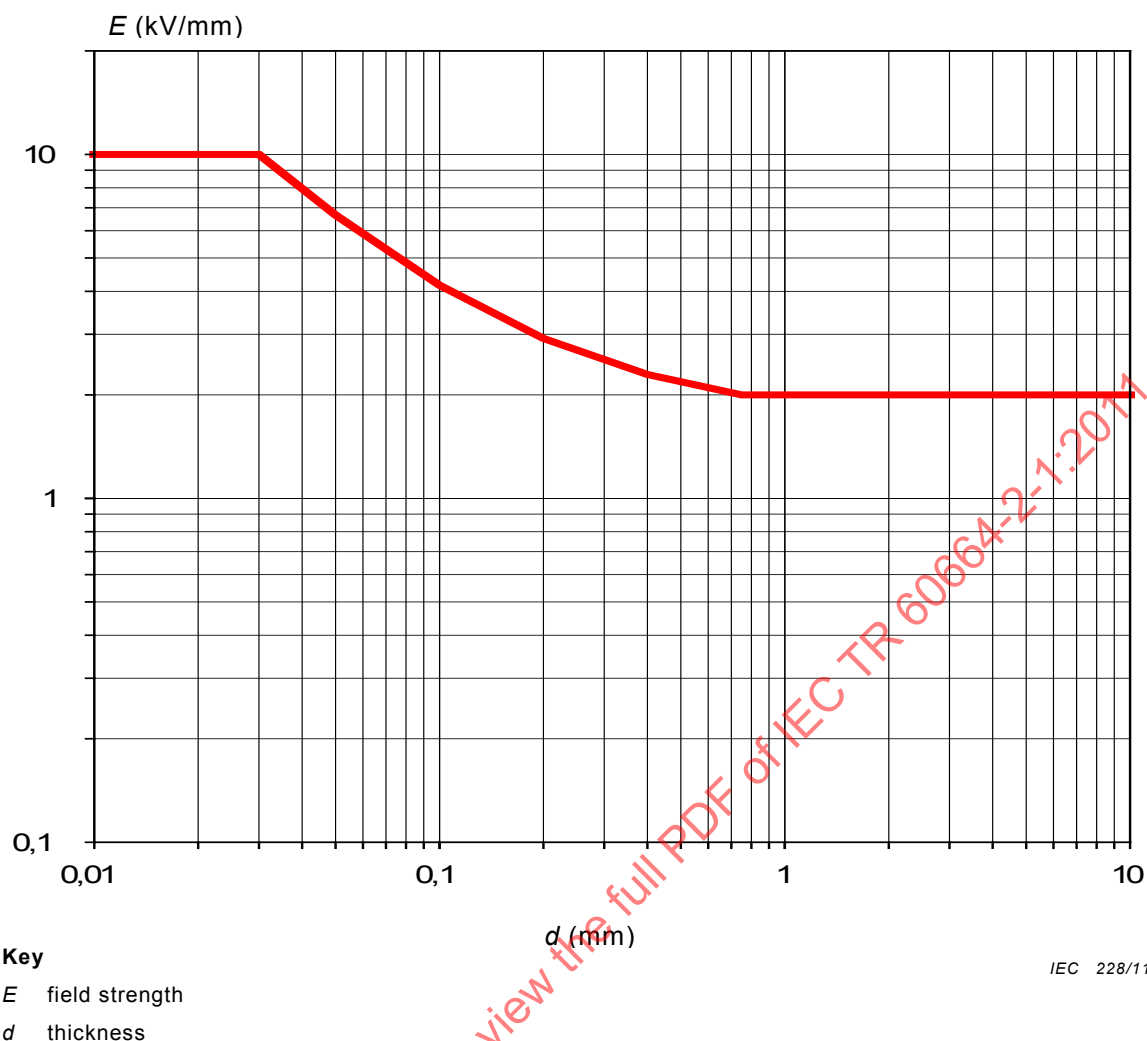


Figure 4 – Permissible field strength for dimensioning of solid insulation according to Equation (7)

The use of the field strength for dimensioning of solid insulation requires an approximately uniform field distribution with no voids or air gaps in between. If the field strength cannot be calculated (because the field is not uniform), or if the peak value is higher than given from Equation (7) or Figure 4, respectively, or if the presence of voids or air gaps cannot be excluded or for frequencies higher than 10 MHz, then a withstand test or a partial discharge test with high-frequency voltage is required. The voltage withstand test applies to short-term stresses; the partial discharge test applies to long term stresses according to 5.3.3.2.3 of IEC 60664-1:2007.

In IEC 60664-3, two types of protection are used in order to achieve a smaller dimensioning. Protection of type 2 is considered to be similar to solid insulation. As IEC 60664-3 is based on IEC 60664-1, the scope with respect to the frequency is limited to 30 kHz. Therefore, if type 2 protection is intended to be used for frequencies greater than 30 kHz, the additional requirements of IEC 60664-4 for solid insulation are applicable.

5 Four examples showing appropriate dimensioning of insulation within equipment

5.1 General

Four examples for dimensioning of clearances are shown in Figures 5a to 5d, each figure illustrating the most important factors influencing the dimensioning of clearances. These are

the rated voltages, the steady-state withstand voltages, the impulse withstand voltages, the overvoltage category, the pollution degree and the type of insulation.

Some product standards do not specify the clearance values for circuits supplied by SELV. Figures 5a to 5d show that the clearance is based on the overvoltage category determined from the mains voltage and it is one impulse withstand voltage level lower after the transformer. See 4.2 for further information.

There are four overvoltage categories given in 4.3.3.2 in IEC 60664-1:2007. The overvoltage category is synonymous with the impulse withstand category used in IEC 60364-4-44. The rated impulse voltage of the equipment is selected corresponding to the overvoltage category specified and the rated voltage of the equipment. See Tables F.1 and F.2 of IEC 60664-1:2007.

There are four pollution degrees in the micro-environment given in 4.6.2 of IEC 60664-1:2007.

In the following examples, overvoltage category III (Figures 5b and 5c) and overvoltage category II (Figure 5d) and pollution degree 2 are used to illustrate the dimensioning of clearances according to Tables F.2 and F.7 in IEC 60664-1:2007.

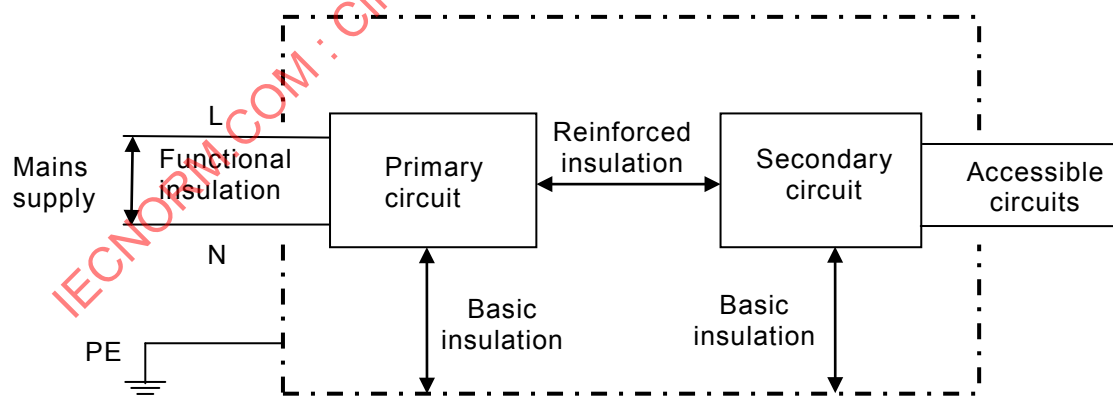
In Figure 5b, the following applies for class I equipment:

- For non-earthed circuits not directly connected to the mains (secondary part of the transformer), the basic insulation is dimensioned for an impulse withstand voltage identical to the circuit directly connected to the mains. (For reduction of the impulse withstand voltage further details regarding the transformer are given in 4.2.)

In Figure 5c and 5d, the following applies for class II equipment:

- For non-earthed circuits not directly connected to the mains (secondary part of the transformer), the basic insulation is dimensioned for an impulse withstand voltage reduced by one step, compared to the circuit directly connected to the mains. (For reduction of the impulse withstand voltage further details regarding the transformer are given in 4.2.)

Information for basic protection and basic insulation is given in IEC 61140.



Key

- L line conductor
N neutral conductor
PE protective conductor

IEC 229/11

Figure 5a – Example 1 – Simple illustration of insulation system containing functional, basic and reinforced/double insulation for a class I equipment

5.2 Examples for the dimensioning of clearances for class I equipment according to IEC 60664-1

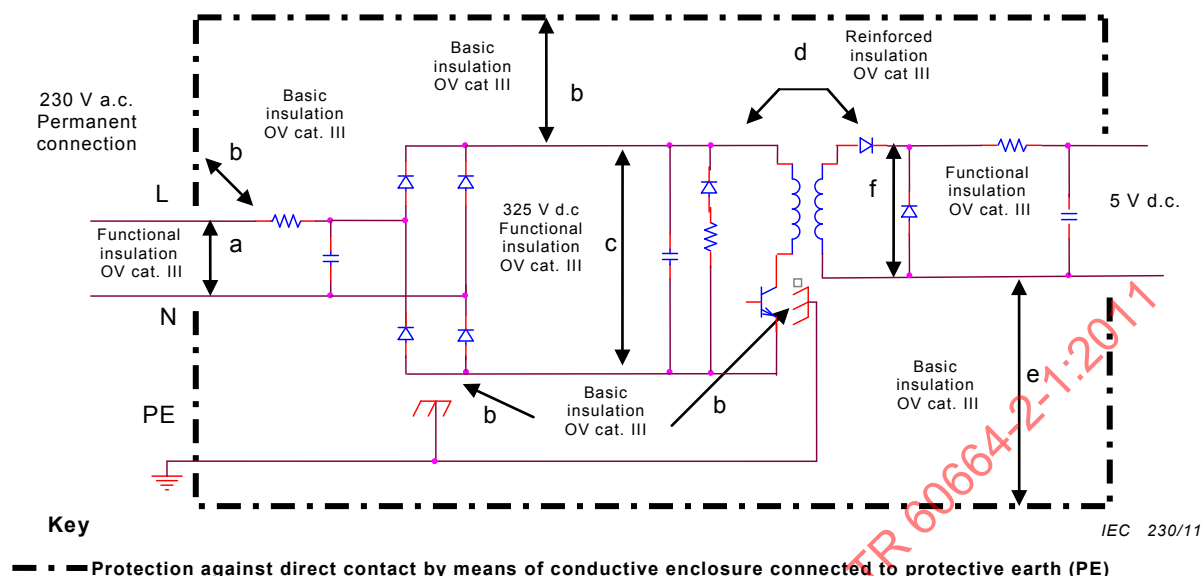


Figure 5b – Example 2 – Dimensioning of clearances for class I equipment, based on overvoltage category III

Table 2 – Example 2 – Dimensioning of clearances according to Table F.2 of IEC 60664-1:2007 (pollution degree 2) (see example 2 of Figure 5b)

Example 2	Insulation type ^a	Impulse withstand voltage V	Clearance mm
a	Functional	4 000	3,0
b	Basic	4 000	3,0
c	Functional	4 000	3,0
d	Reinforced	6 000	5,5
e	Basic	4 000	3,0
f	Functional	800 ^b	0,2 ^b

^a Applicable to TN system.

^b According to a voltage line to neutral of 50 V.

For circuits protected against overvoltage by means of a surge protective device, the clearance for functional insulation (a and c) may be designed to a smaller value than that specified for case A in Table F.2 of IEC 60664-1:2007.

In this case, however, an impulse withstand test with the required impulse withstand voltage is necessary. The impulse test generator shall have a low impedance of 2 Ω.

The clearance for reinforced insulation is based on Table F.2, case A of IEC 60664-1:2007 choosing one impulse voltage level higher (preferred values).

Table 3 – Example 2 – Dimensioning of clearances according to Tables F.2 and F.7a of IEC 60664-1:2007, temporary overvoltages according to 5.3.3.2.3 of IEC 60664-1:2007 (U_n+1 200 V) (see example 2 of Figure 5b)

Example 2	Insulation type	Impulse withstand voltage V	Temporary overvoltage (peak)/working voltage (peak) ^b V ^d	Clearance (Table F.2 of IEC 60664-1:2007) (Impulse withstand voltage) mm	Clearance (Table F.7 of IEC 60664-1:2007) (Temporary overvoltage/working voltage) mm ^c	Clearance ^a mm
a	Functional	4 000	NA / 325	3,0	NA / 0,01	3,0
b	Basic	4 000	2 022 / 325	3,0	1,3 / 0,01	3,0
c	Functional	4 000	NA / 325	3,0	NA / 0,01	3,0
d	Reinforced	6 000	4 044 / 650 ^f	5,5	3,9 / 0,078	5,5
e	Basic	4 000	NA / 5	3,0	NA / 0,001	3,0
f	Functional	800 ^e	NA / 5	0,2	NA / 0,001	0,2

^a The dimensioning according to Table F.7 of IEC 60664-1:2007 is compared with Table F.2 of IEC 60664-1:2007, taking into account the pollution degree. The larger clearance is selected.

^b When the insulation system is evaluated with respect to the working voltage, recurring peak voltages are taken into consideration. In this example, recurring peak voltages are considered to be negligible. Only the peak value of the sinusoidal mains voltage is considered.

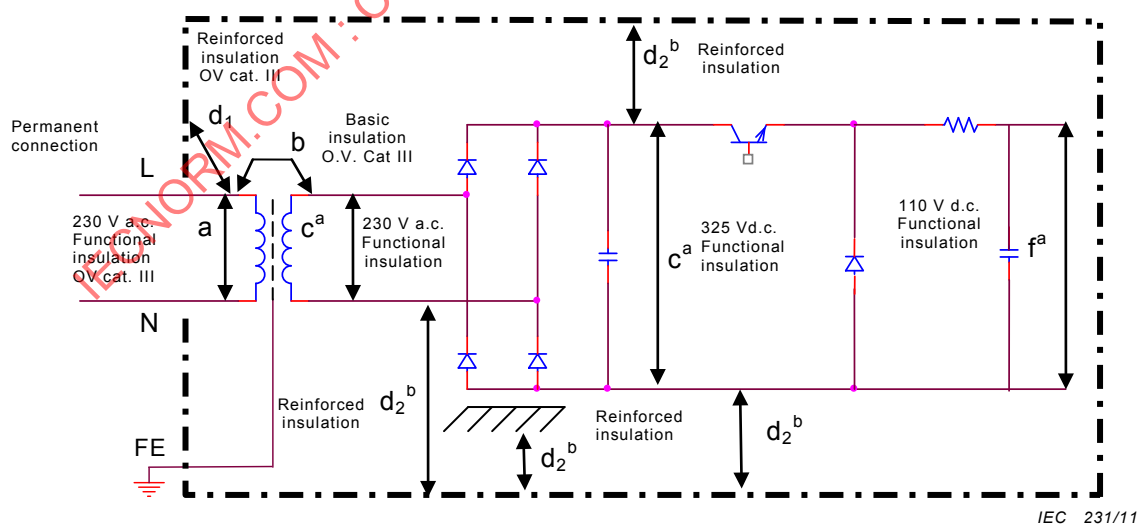
^c The dimensioning is based on the peak value of the temporary overvoltage.

^d Peak voltage of temporary overvoltage is used for dimensioning.

^e According to a voltage line to neutral of 50 V.

^f It should be noted that while clearance for reinforced insulation is dimensioned with respect to 160 % of the temporary overvoltage for basic and supplementary insulation, the test voltage for verification of the clearance of the reinforced insulation is twice the voltage of the test voltage for verification of basic and supplementary insulation.

5.3 Examples for the dimensioning of clearances for class II equipment according to IEC 60664-1



Key

— Protection against direct contact by means of non conductive enclosure (solid insulation) or clearance providing reinforced insulation.

FE functional earthing conductor

NOTE The transformer follows 4.2.

Figure 5c – Example 3 – Dimensioning of clearances (class II equipment)

Example 3	Insulation type	Impulse withstand voltage V	Clearance mm
a	Functional	4 000	3,0
b	Basic	4 000	3,0
c ^a	Functional	2 500	1,5
d ₁	Reinforced	6 000	5,5
d ₂ ^b	Reinforced	4 000	3,0
f ^a	Functional	2 500	1,5

^a The clearance is based on the overvoltage category determined from the mains voltage (230 V a.c. OV cat. III) and it is one impulse withstand voltage level lower after the transformer. The actual d.c. level after rectification does not influence the impulse withstand voltage used for the design of the insulation system.

^b The clearance for reinforced insulation is based on the overvoltage category determined from the mains voltage (230 V a.c. OV cat. III) and it is one impulse withstand voltage level lower after the transformer. See 4.2 for further information.

Example 3	Insulation type	Impulse withstand voltage	Temporary overvoltage (peak)/working voltage (peak) ^a	Clearance (Table F.2 of IEC 60664-1:2007) (Impulse withstand voltage)	Clearance (Table F.7a of IEC 60664-1:2007) (Temporary overvoltage/working voltage)	Clearance ^a
		V	V	mm	mm ^c	mm
a	Functional	4 000	NA/ 325	3,0	NA/0,01	3,0
b	Basis	4 000	2 022/325	3,0	1,3/0,01	3,0
c	Functional	2 500	NA/325	1,5	NA/0,01	1,5
d ₁	Reinforced	6 000	4 044/650 ^d	5,5	3,9/0,078 ^d	5,5
d ₂	Reinforced	4 000	4 044/650 ^d	3,0	3,9/0,078 ^d	3,9
f	Functional	2 500	NA/110	1,5	NA/0,004	1,5

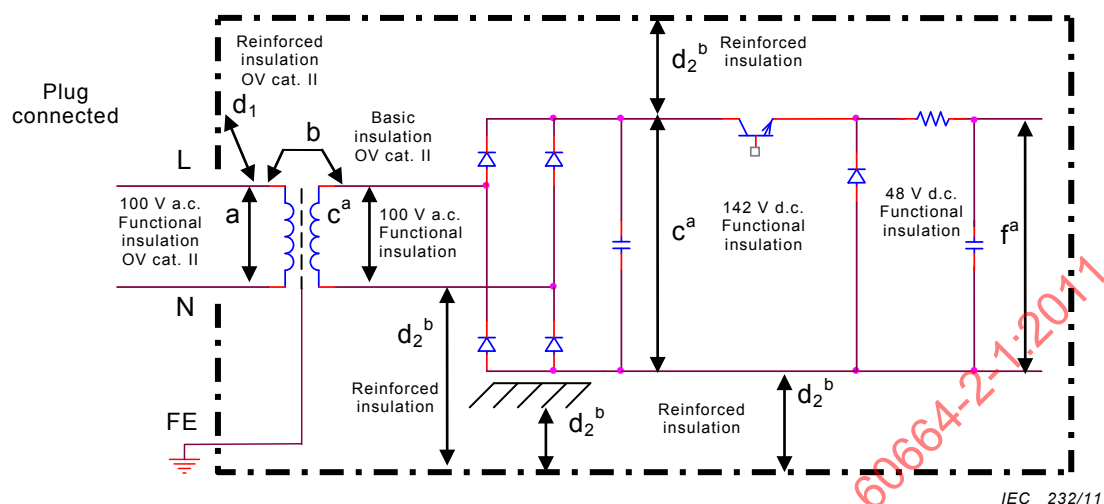
^a The dimensioning according to Table F.7 of IEC 60664-1:2007 is compared with Table F.2 of IEC 60664-1:2007, taking into account the pollution degree. The larger clearance is selected.

^b When the insulation system is evaluated with respect to the working voltage, recurring peak voltages are taken into consideration. In this example, recurring peak voltages are considered to be negligible. Only the peak value of the sinusoidal mains voltage is considered.

^c The dimensioning is based on the peak value of the temporary overvoltage.

^d It should be noted that while clearance for reinforced insulation is dimensioned with respect to 160 % of the temporary overvoltage for basic and supplementary insulation, the test voltage for verification of the clearance of the reinforced insulation is twice the voltage of the test voltage for verification of basic and supplementary insulation.

5.4 Examples for the dimensioning of clearances for class II equipment according to IEC 60664-5



Key

- • — Protection against direct contact by means of non conductive enclosure (solid insulation) or clearance providing reinforced insulation.

NOTE The transformer follows 4.2.

Figure 5d – Example 4 – Dimensioning of clearances (class II equipment)

Table 6 – Example 4 – Dimensioning of clearances according to Table 2 of IEC 60664-5:2007 (see example 4 on Figure 5d)

Example 4	Insulation type	Impulse withstand voltage ^c V	Clearance ^c mm
a	Functional	800 (1 500)	0,1 (0,5)
b	Basic	800 (1 500)	0,1 (0,5)
c ^a	Functional	500 (800)	0,04 (0,1)
d ₁	Reinforced	1 500 (2 500)	0,5 (1,5)
d ₂ ^b	Reinforced	800 (1 500)	0,1 (0,5)
f ^a	Functional	500 (800)	0,04 (0,1)

^a The clearance is based on the overvoltage category determined from the mains voltage (100 V a.c. OV cat. II) and it is one impulse withstand voltage kV level lower after the transformer. The actual d.c. level after rectification does not influence the impulse withstand voltage used for the design of the insulation system.

^b The clearance for reinforced insulation is based on the overvoltage category determined from the mains voltage (100 V a.c. OV cat. II) and it is one impulse withstand voltage kV level lower after the transformer. See 4.2 for further information.

^c The values in parenthesis are used for Japan. See footnote ⁵⁾ of Table F.1 in IEC 60664-1:2007.

Table 7 – Example 4 – Dimensioning of clearances according to Tables 2 and 3 of IEC 60664-5:2007, temporary overvoltages according to 5.3.3.2.3 of IEC 60664-1:2007 (U_n+1 200 V) (see example 4 on Figure 5d)

Example 4	Insulation type	Impulse withstand voltage ^d	Temporary overvoltage (peak)/working voltage (peak) ^b	Clearance ^d (Table 2 of IEC 60664-5:2007) (impulse withstand voltage)	Clearance (Table 3 of IEC 60664-5:2007) (temporary overvoltage/working voltage)	Clearance ^{a, d}
		V	V	mm	mm	mm
a	Functional	800 (1 500)	NA/141	0,1 (0,5)	NA/0,005	0,1 (0,5)
b	Basic	800 (1 500)	1 838/141	0,1 (0,5)	1,1 ^c /0,005	1,1
c	Functional	500 (800)	NA/141	0,04 (0,1)	NA/0,005	0,04 (0,1)
d ₁	Reinforced	1 500 (2 500)	3 676/282 ^e	0,5 (1,5)	3,4 ^c /0,01 ^e	3,4
d ₂	Reinforced	800 (1 500)	3 676/282 ^e	0,1 (0,5)	3,4 ^c /0,01 ^e	3,4
f	Functional	500 (800)	NA/48	0,04 (0,1)	NA/0,01	0,04 (0,1)

^a The dimensioning according to Table 2 of IEC 60664-5:2007 is compared with Table 3 in the same standard. The larger clearance is selected.

^b When the insulation system is evaluated with respect to the working voltage, recurring peak voltages are taken into consideration. In this example, recurring peak voltages are considered to be negligible. Only the peak value of the sinusoidal mains voltage is considered.

^c Determined by using interpolation in Table F.7a of IEC 60664-1:2007 (case A).

^d The values in parenthesis are used for Japan. See footnote ⁵⁾ of Table F.1 in IEC 60664-1:2007.

^e It should be noted that while clearance for reinforced insulation is dimensioned with respect to 160 % of the temporary overvoltage for basic and supplementary insulation, the test voltage for verification of the clearance of the reinforced insulation is twice the voltage of the test voltage for verification of basic and supplementary insulation.

6 Practical application of the IEC 60664 series with regards to particular questions

6.1 General

Clause 4 of this application guide provides information about the dimensioning of clearance, creepage and solid insulation for functional, basic, supplementary, double and reinforced insulation based on the working voltage including recurring peak, temporary overvoltage and transient overvoltage across the considered insulation. This clause provides some typical examples on how to test the clearance and solid insulation in some typical applications. These are only examples and are not intended to cover all applications.

This clause does not provide information about testing creepage distances as this in general is not possible. The testing of creepage is more likely to be an evaluation of the effective distance and of the material which provides the insulation across the insulation under consideration.

6.2 Testing complete equipment in case of components bridging the basic insulation

The equipment is first prepared in order to disconnect any component bridging the basic insulation such as surge protective devices in accordance with 6.1.4.1 of IEC 60664-1:2007. The test is then applied in accordance with 6.1.4 of IEC 60664-1:2007 within the condition or limitation given in the product standard.

It is then necessary to ensure that components, bridging the basic insulation and having been disconnected during the impulse voltage test for testing the basic insulation, do not impair the behaviour or the safety of the basic insulation of the equipment during normal use.

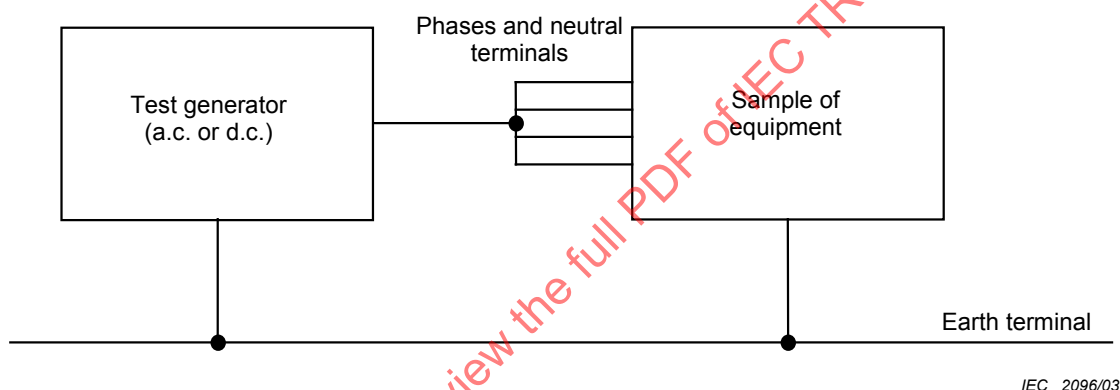
The components having been disconnected are therefore connected again, and the equipment is tested in accordance with the following procedure, introducing an a.c. test having the purpose to check that components bridging the basic insulation do not reduce safety, with respect to short-term temporary overvoltages.

The test voltage has a frequency of 50/60 Hz. For basic insulation, the r.m.s. value of the test voltage is equal to the short-term temporary overvoltage, which is $1\,200\text{ V} + U_n$. U_n is the nominal voltage value between line and neutral. For the test duration, see 6.1.3.4.1 of IEC 60664-1:2007.

NOTE 1 As an example, for an equipment having a rated voltage of $U_n = 250\text{ V}$, the value of the a.c. test voltage for basic insulation is $1\,200\text{ V} + 250\text{ V}$, thus the r.m.s. test voltage is $1\,450\text{ V}$.

NOTE 2 If it is not possible to perform the a.c. test, a d.c. test can be considered with a voltage value equal to or higher than the a.c. peak voltage.

NOTE 3 The short-circuit output current of the generator is not less than 200 mA. For test voltages exceeding 3 kV, it is sufficient that the rated power of the test equipment is equal to or greater than 600 VA. The tripping current of the generator needs adjustment to a tripping current of 100 mA or for test voltages above 6 kV to the highest possible value..



IEC 2096/03

Figure 6 – Arrangement for a.c. (or d.c.) voltage test

The voltage is successively applied for the time given in 6.1.3.4.1 in IEC 60664-1:2007.

Acceptance criteria: the equipment is visually inspected; no component bridging the basic insulation shall show any visible alteration. The equipment is connected to the mains in accordance with the manufacturer's instructions. The equipment shall work in accordance to its purpose.

NOTE 4 It is permitted to replace a fuse or a similar protective means before connecting the equipment to the mains. If a fuse protecting a surge arrester has blown, it is permitted to replace the surge arrester, too.

6.3 Testing complete equipment in case of components bridging the functional insulation

6.3.1 General

If the equipment incorporates components bridging the functional insulation between live parts connected to mains, the impulse test is applied as described in 6.3.2 and 6.3.3.

6.3.2 Verification of clearances and creepage distances

The correct dimensioning of the insulation distances is first tested without components bridging the insulation. The equipment is prepared in order to disconnect any component bridging the insulation between live parts such as surge protective devices in accordance with

6.1.4.1 of IEC 60664-1:2007. The test is then performed in accordance with 6.1.4 of IEC 60664-1:2007 within the condition or limitation given in the product standard.

NOTE For this test a very low impedance of the generator can be required. For this purpose, a hybrid generator with a virtual impedance of $2\ \Omega$ may be appropriate. However, in any case a measurement of the correct test voltage directly at the insulation is required (see also 4.3.1).

6.3.3 Verification of components bridging the insulation

To check the safe behaviour of components having been disconnected during the test in 6.3.2, the components are connected again. Then, the equipment is tested a second time within the same condition.

NOTE 1 If the components bridging the functional insulation are used for EMC purposes only (e.g. an SPD), it is allowed to use a generator having an internal impedance up to $500\ \Omega$ maximum.

Acceptance criteria: the equipment is visually inspected; no component bridging the functional insulation should show a visible alteration. Then, the equipment is connected to the mains in accordance with the manufacturer's instructions. The equipment shall work in accordance to its purpose.

NOTE 2 If the components bridging the functional insulation are used for EMC purposes only e.g. an SPD, it is permitted to replace a fuse or a similar protective mean before connecting the equipment to the mains. If a fuse protecting components disconnected during the test in 6.3.2 has blown, it is permitted to replace the components, too.

6.4 Dimensioning of insulation distances for parts of equipment which can have isolation capability

6.4.1 General

General principles for the dimensioning of clearances for low-voltage equipment are given in 4.1.

The dimensioning of clearances across the open contacts or clearances between parts in movement within an equipment, e.g. the poles of a switch, should follow the same requirements than those required for the basic insulation.

NOTE For example, see 7.2.3.1 of IEC 60947-1:2007, 7.1.2 of IEC 60669-1:1998, or 4.5.1 and 4.5.2 of IEC 62019:1999.

6.4.2 Dimensioning for device associated with an equipment declared suitable for isolation

If the device is associated or added as an auxiliary part to an equipment declared suitable for isolation, the minimum requirement for clearances between parts in movement of this auxiliary part follows the minimum requirements for the basic insulation (see 5.1.7 of IEC 60664-1:2007 and 8.3.2 of IEC 61140:2001). The technical committees consider the minimum requirements for circuit dedicated to remote indication.

6.4.3 Dimensioning for device associated with an equipment not declared suitable for isolation

If the device is associated or added as an auxiliary part to an equipment not declared suitable for isolation, or if the device is an independent equipment not declared suitable for isolation, the technical committees can introduce requirements lower than those required for the basic insulation. However, the product should be marked accordingly.

NOTE For example, see IEC 60669-1 or IEC 62019 ask for marking "m" on the device.

6.5 Testing with respect to high-frequency voltage stress

In principle, 4.7.1 to 4.7.4 of this application guide are also applicable to the frequencies of the voltage as specified in IEC 60664-4.

However, it has to be taken into account that the values of the breakdown field strength both for clearances and for solid insulation are decreased by the influence of frequency.

With respect to 4.7.2 of this application guide, it has to be taken into account that the frequency of the test voltage is the same as the frequency of the applied voltage. The minimum test duration is 60 s, as specified for the power-frequency a.c. voltage test. Longer durations can be required, in particular for materials with high dielectric losses, where excessive heating caused by the dielectric losses is decisive for failure.

For testing at high-frequency voltage, the capacitive loading caused by the test specimen is a very important factor. The test equipment used shall allow a capacitive loading of at least 100 pF with negligible voltage drop at the output and negligible influence on the frequency. In case of larger assemblies or complete equipment, it may be necessary to perform the test only on critical components. In such cases, a test on the complete equipment is made using the power-frequency voltage.

6.6 Practical information in case of substitution an impulse withstand test by an AC or DC test

6.6.1 General

The purpose of the impulse withstand voltage test is to verify that clearances will withstand specified transient overvoltages. The impulse withstand test is carried out with a voltage having a 1,2/50 μ s waveform with the values specified in Table F.5 of IEC 60664-1:2007.

Due to the scatter of the test results of any impulse voltage test, the test is conducted for a minimum of three impulses of each polarity with an interval of at least 1 s between pulses.

Technical committees may specify an a.c. or d.c. voltage test for particular equipment as an alternative method to the impulse voltage test.

NOTE Technical committees should be aware that while tests with a.c. and d.c. voltages of the same peak value as the impulse test voltage specified in Table F.5 of IEC 60664-1:2007 verify the withstand capability of clearances, they increase the stress for solid insulation because the voltage is applied for a longer duration. They can overload and damage certain solid insulations. Technical committees should therefore consider this when specifying tests with a.c. or d.c. voltages as an alternative to the impulse voltage test given in 6.1.2.2.1 of IEC 60664-1:2007.

6.6.2 Characteristics of the a.c. voltage substituted to an impulse withstand test for dielectric test

The characteristics are as follows:

- the waveshape of the sinusoidal power-frequency test voltage is substantially sinusoidal. This requirement is fulfilled if the ratio between the peak value and the r.m.s. value is $\sqrt{2} \pm 3 \%$;
- the peak value is equal to the impulse test voltage of Table F.5 of IEC 60664-1:2007 and applied for three cycles of the a.c. test voltage.

NOTE It is not possible to reduce the peak voltage value of the a.c. voltage test if the test duration is longer than three cycles.

6.6.3 Characteristics of the d.c. voltage substituted to an impulse withstand test for dielectric test

The characteristics are as follows:

- the d.c. test voltage is substantially free of ripple. This requirement is fulfilled if the ratio between the peak values of the voltage and the average value is $1,0 \pm 3 \%$;
- the average value of the d.c. test voltage is equal to the impulse test voltage of Table F.5 of IEC 60664-1:2007 and applied three times for 10 ms in each polarity.

7 Examples of a dimensioning worksheet (based on case A as described in IEC 60664-1:2007)

7.1 Use of IEC 60664-1:2007, for circuits in equipment either directly or not directly connected to the mains supply

This example is based on the assumption that the most stringent dimensioning requirements come from the impulse withstand voltage.

Table 8 – Relationship between influencing parameters and normative references in IEC 60664-1

Influencing parameters	Basis of selection	IEC 60664-1:2007 reference	Value in table
Clearance			
Voltage or rated insulation voltage	Overvoltage category of equipment	Table F.1 (see NOTE)	Table F.2
Creepage distance			
Voltage	Rated voltage or rated insulation voltage	Tables F.3a and F.3b	Table F.4
Pollution	Pollution degree (micro-environment)	4.6.2	Table F.4
Insulating material	Comparative tracking index	4.8.1.3	Table F.4
NOTE If the circuit is not directly connected to the mains, the impulse withstand voltage can be provided by the technical committee or, if not, it should be assessed by the manufacturer. Technical committees should take into account 4.2.			

The following procedure shall be followed:

Step 1: Select overvoltage category.

Step 2: Select impulse voltage (Table F.1).

Step 3: Establish minimum clearance (cl) value (Table F.2) and apply an altitude correction factor (Table A.2) if the equipment with the clearance is used above 2 000 m.

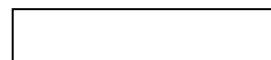
Step 4: Select rated voltage for creepage distance (Tables F.3a and F.3b).

Step 5: Establish pollution degree and comparative tracking index (CTI) from 4.8.1 of IEC 60664-1:2007.

Step 6: Establish minimum creepage distance (cr) value (Table F.4).

Step 7: Where $cr < cl$:

- if pollution degree is 3, spacing on insulating material meets cl value; see 5.2.2.6 in IEC 60664-1:2007;
- if pollution degree is either 1 or 2, spacing on insulating material may be cr value if the spacing withstands the impulse withstand voltage used to verify the clearance.



7.2 Use of IEC 60664-5:2007, for circuits in equipment either directly or not directly connected to the mains supply

This example is based on the assumption that the most stringent dimensioning requirements come from the impulse withstand voltage.

Table 9 – Relationship between influencing parameters and normative references in IEC 60664-1 or IEC 60664-5

Influencing parameters	Basis of selection	IEC 60664-1:2007 or IEC 60664-5:2007 reference	IEC 60664-5:2007 Value in table
Clearance			
Voltage or rated insulation voltage	Overvoltage category of equipment	Table F.1 of IEC 60664-1 (see NOTE)	Table 2
Creepage distance			
Dimensioning with regard to tracking			
Voltage	Rated voltage or rated insulation voltage	Tables F.3a and F.3b of IEC 60664-1	Table 4
Pollution	Pollution degree (micro-environment)	4.6.2 of IEC 60664-1	Table 4
Insulating material	Comparative tracking index	4.8.2.3 of IEC 60664-5	Table 4
Dimensioning with regard to flashover			
Maximum peak voltage	Assessed by the manufacturer (Transient overvoltage or highest peak voltage which can occur in the circuit)		Table 5
Micro-environment	Humidity level For information see Table 1 in IEC 60664-5	4.6.4 of IEC 60664-5	Table 5
Insulating material	WAG (Water adsorption group)	4.8.6 of IEC 60664-5	Table 5
NOTE If the circuit is not directly connected to the mains, the impulse withstand voltage can be provided by the technical committee or if not, it should be assessed by the manufacturer. Technical committees should take into account 4.2.			

The following procedure shall be followed:

Step 1: Select overvoltage category.

Step 2: Select impulse voltage (Table F.1 in IEC 60664-1:2007).

- Step 3: Establish minimum clearance (cl) value (Table 2 in IEC 60664-5:2007) and apply an altitude correction factor (Table A.2 in IEC 60664-1:2007) if the equipment with the clearance is used above 2 000 m.

Dimensioning the creepage distance with regards to tracking:

- Step 4: Select rated voltage for creepage distance (Tables F.3a and F.3b in IEC 60664-1:2007).
- Step 5: Establish pollution degree and comparative tracking index (CTI) from 4.8.1 of IEC 60664-1:2007.
- Step 6: Establish minimum creepage distance (cr) value (Table 4 from IEC 60664-5:2007).

Dimensioning the creepage distance with regards to flashover:

- Step 7: Assess the maximum peak voltage which can occur in the circuit.
- Step 8: Establish humidity level (HL) and water adsorption group (WAG).
- Step 9: Establish minimum creepage distance (cr) value (Table 5 from IEC 60664-5:2007)

Step 10: Select the greater creepage distance (cr) with respect to tracking and flashover

Step 11: Where $cr < cl$:

- if pollution degree is 3, spacing on insulating material meets cl value; see 5.3.2.6 in IEC 60664-5:2007;
- if pollution degree is either 1 or 2, spacing on insulating material may be cr value if the spacing withstands the impulse withstand voltage used to verify the clearance.

7.3 Use of IEC 60664-4:2005, for circuits in equipment either directly or not directly connected to the mains supply

Table 10 – Relationship between influencing parameters and normative references in IEC 60664-1 or IEC 60664-4

Influencing parameters	Basis of selection	IEC 60664-1:2007 or IEC 60664-4:2005 reference	Value in Table
Clearance			
Voltage or rated insulation voltage	Overvoltage category of equipment	Table F.1 of IEC 60664-1 (see NOTE)	Table F.2 of IEC 60664-1
Peak value of the maximum steady state voltage	Assessed by the manufacturer	Table F.7a of IEC 60664-1 or Table 1 of IEC 60664-4 depending on the field distribution	Depending on the field distribution
Creepage distance			
Dimensioning with regard to tracking			

Influencing parameters	Basis of selection	IEC 60664-1:2007 or IEC 60664-4:2005 reference	Value in Table
Voltage	Rated voltage or rated insulation voltage	Tables F.3a and F.3b of IEC 60664-1	Table F.4 of IEC 60664-1
Pollution	Pollution degree (micro-environment)	4.6.2 of IEC 60664-1	Table F.4 of IEC 60664-1
Insulating material	Comparative tracking index	4.8.1.3 of IEC 60664-1	Table F.4 of IEC 60664-1
Dimensioning with regard to thermal effects			
Peak value of the maximum steady-state voltage	Assessed by the manufacturer		Table 2 of IEC 60664-4
Micro-environment	Pollution degree (micro-environment)	4.6.2 of IEC 60664-1	Table 2 of IEC 60664-4
Insulating material	These dimensioning data are applicable for all materials that can be deteriorated by thermal effects.	Clause 5 of IEC 60664-4	Table 2 of IEC 60664-4
Frequency	Assessed by the manufacturer	Clause 5 of IEC 60664-4	Table 2 of IEC 60664-4
NOTE If the circuit is not directly connected to the mains, the impulse withstand voltage can be provided by the technical committee or if not, it should be assessed by the manufacturer.			

The following procedure shall be followed:

Step 1: Select overvoltage category.

Step 2: Select impulse voltage (Table F.1 in IEC 60664-1:2007).

Step 3: Establish minimum clearance (cl) value (Table F.2 of IEC 60664-1:2007) and apply an altitude correction factor (Table A.2 of IEC 60664-1:2007) if the equipment with the clearance is used above 2 000 m.

Step 4: Assess the peak value of the maximum steady-state voltage.

Step 5: Assess the field distribution.

Step 6: Establish minimum clearance (cl) value (Table F.7a of IEC 60664-1:2007 for 125 % of the peak value of the maximum steady-state voltage or Table 1 of IEC 60664-4:2005 for the peak value of the maximum steady-state voltage).

Step 7: Select the greater clearance (cl) with respect to transient overvoltages or steady-state voltages.

Dimensioning the creepage distance with regards to pollution:

Step 8: Select rated voltage for creepage distance (Tables F.3a and F.3b in IEC 60664-1:2007).

Step 9: Establish pollution degree and comparative tracking index (CTI) from 4.8.1 of IEC 60664-1:2007.

Step 10: Establish minimum creepage distance (cr) value (Table F.4 from IEC 60664-1:2007)

Dimensioning the creepage distance with regards to thermal effects:

- Step 11: Assess the maximum peak value of the steady-state voltage which can occur in the circuit.
- Step 12: Establish pollution degree from IEC 60664-1.
- Step 13: Assess the frequency of the voltage.
- Step 14: Establish minimum creepage distance (cr) value (Table 2 of IEC 60664-4:2005).

- Step 15: Select the greater creepage distance cr) with respect to tracking and thermal effects.

7.4 Examples comparing the dimensioning of clearances and creepage distances according to IEC 60664-1 and IEC 60664-5 based on case A condition (basic insulation, for equipment up to 2 000 m altitude)

From the following examples, it can be concluded:

- for printed wiring boards, IEC 60664-1 allows shorter distances;
- for printed wiring boards and for equivalent constructions within the scope of IEC 60664-5, IEC 60664-5 may provide a smaller dimensioning depending of the material group characteristics (CTI and WAG).

NOTE 1 In these examples, the pollution degree 2 and HL 2 have been chosen for simplification. However, the HL can be different from the pollution degree.

NOTE 2 The wording “printed board” in IEC 60664-3 includes printed wiring boards.

7.4.1 Circuits not directly connected to mains supply

7.4.1.1 Dimensioning of clearance and creepage following IEC 60664-1

Table 11 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-1

Clearance			
Impulse voltage	1 500 V	Clearance	0,5 mm
Creepage distance (tracking)			
Pollution degree	2		
Insulating material	CTI GR III		
Rated voltage	200 V	Creepage distance	0,63 mm on printed wiring material; 2,00 mm for other constructions
NOTE At locations where clearance and creepage distances cannot be differentiated (e.g. on printed wiring material), the larger distance is used. Therefore, the minimum clearance and creepage distance is 0,63 mm on printed wiring material or 2,0 mm for other constructions.			

7.4.1.2 Dimensioning of clearance and creepage following IEC 60664-5

Table 12 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-5

Clearance			
Impulse voltage	1 500 V	Clearance	0,5 mm
Creepage distance (tracking)			
Pollution degree	2		
Insulating material	CTI GR III		
Rated voltage (a.c. r.m.s. or d.c.) see NOTE 2	200 V	Creepage distance	0,63 mm
Creepage distance (flashover)			
Maximum peak voltage	1 500 V		
Humidity level	2		
Water adsorption group	WAG 1	Creepage distance	0,93 mm
	WAG 2		1,02 mm
	WAG 3		1,11 mm
	WAG 4		1,2 mm
NOTE 1 At locations where clearance and creepage distances cannot be differentiated (e.g. on printed wiring material), the larger distance is used, therefore the minimum clearance and creepage distance is 0,93 mm up to 1,20 mm, depending upon the water adsorption characteristics of the insulating material. NOTE 2 In case of d.c. supply, TCs should carefully consider the dimensioning of the associated clearance during the dimensioning of creepage distances in order to avoid flashover because the consequences of a flashover can be more critical in d.c. circuits than in a.c. circuits.			

7.4.2 Circuits not directly connected to mains supply

7.4.2.1 Dimensioning of clearance and creepage following IEC 60664-1

Table 13 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-1 in circuits not directly connected to mains supply

Clearance			
Impulse voltage	500 V	Clearance	0,20 mm for other construction; 0,04 mm on printed wiring material
Creepage distance (tracking)			
Rated voltage	50 V	Creepage distance	0,04 mm on printed wiring material; 1,20 mm for other constructions
Pollution degree	2		
Insulating material	CTI GR III		
NOTE At locations where clearance and creepage distances cannot be differentiated (e.g. on printed wiring material), the larger distance is used. Therefore the minimum clearance and creepage distance is 0,04 mm on printed wiring material or 1,20 mm for other constructions.			

7.4.2.2 Dimensioning of clearance and creepage following IEC 60664-5

Table 14 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-5 in circuits not directly connected to mains supply

Clearance			
Impulse voltage	500 V	Clearance	0,04 mm
Creepage distance (tracking)			
Rated voltage	50 V	Creepage distance	0,04 mm
Pollution degree	2		
Insulating material	CTI GR III		
Creepage distance (flashover)			
Maximum peak voltage	500 V		
Humidity level	2		
Water adsorption group	WAG 1	Creepage distance	0,17 mm
	WAG 2		0,18 mm
	WAG 3		0,20 mm
	WAG 4		0,22 mm
NOTE 1 At locations where clearance and creepage distances cannot be differentiated (e.g. on printed wiring material), the larger distance is used. Therefore, the minimum clearance and creepage distance is 0,17 mm to 0,22 mm depending upon the water adsorption characteristics of the insulating material. NOTE 2 In the case of a d.c. supply, technical committees should carefully consider the dimensioning of the associated clearance during the dimensioning of creepage distances in order to avoid flashover because the consequences of a flashover can be more critical in d.c. circuits than in a.c. circuits.			

7.5 Examples of dimension comparison for clearances and creepage distances according to IEC 60664-1 and IEC 60664-4 based on case A condition (basic insulation, for equipment up to 2 000 m altitude)

From the following two examples, it can be concluded:

- dimensioning according to IEC 60664-4 will always result in greater distances as compared to dimensioning according to IEC 60664-1, if the clearance requirements with respect to periodic voltages are decisive for dimensioning;
- dimensioning according to IEC 60664-4 will not change the distances as compared to dimensioning according to IEC 60664-1, if the creepage distance requirements with respect to tracking are decisive for dimensioning. This case is applicable for rather small steady-state voltages, in particular for constructions other than printed wiring material.

7.5.1 Circuits not directly connected to mains supply

7.5.1.1 Dimensioning of clearance and creepage following IEC 60664-1

Table 15 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-1 in circuits not directly connected to mains supply

Clearance			
Recurring peak voltage	1 000 V	Clearance	0,26 mm
Creepage distance (tracking)			
Steady-state voltage (r.m.s)	200 V	Creepage distance	0,63 mm on printed wiring material; 2,0 mm for other constructions
Pollution degree	2		
Insulating material	CTI GR III		
NOTE 1 At locations where clearance and creepage distances cannot be differentiated (e.g. on printed wiring material), the larger distance is used. Therefore, the minimum clearance and creepage distance is 0,63 mm on printed wiring material or 2,0 mm for other constructions. NOTE 2 In the case of a d.c. supply, technical committees should carefully consider the dimensioning of the associated clearance during the dimensioning of creepage distances in order to avoid flashover because the consequences of a flashover can be more critical in d.c. circuits than in a.c. circuits.			

7.5.1.2 Dimensioning of clearance and creepage following IEC 60664-4 (approximately homogeneous field)

Table 16 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-4 (approximately homogeneous field)

Clearance			
Recurring peak voltage	1 000 V		
Voltage for dimensioning according to Table F.7a of IEC 60664-1:2007	1 250 V	Clearance	0,48 mm
Creepage distance (tracking)			
Steady-state voltage (r.m.s)	200 V	Creepage distance	0,63 mm on printed wiring material; 2,0 mm for other constructions
Pollution degree	2		
Insulating material	CTI GR III		
Creepage distance (thermal effects)			
Maximum steady-state voltage (peak)	1 000 V		
Frequency	30 kHz <f <100 kHz	Creepage distance	0,72 mm
	100 kHz <f <200 kHz		1,38 mm
	200 kHz <f <400 kHz		3,6 mm
	400 kHz <f <700 kHz		21,6 mm
Pollution degree	2	Multiplication of the values of Table 2 of IEC 60664-4:2005 with the factor of 1,2	
NOTE At locations where clearance and creepage distances cannot be differentiated (e.g. on printed wiring material), the larger distance is used. Therefore, the minimum clearance and creepage distance is 0,72 mm on printed wiring material for frequencies up to 100 kHz or 2,0 mm for other constructions for frequencies up to 200 kHz.			

7.5.2 Circuits not directly connected to mains supply

7.5.2.1 Dimensioning of clearance and creepage following IEC 60664-1

Table 17 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-1 in circuits not directly connected to mains supply

Clearance			
Recurring peak voltage	500 V	Clearance	0,20 mm for other construction; 0,04 mm on printed wiring material
Creepage distance (tracking)			
Steady-state voltage (r.m.s)	50 V	Creepage distance	0,04 mm on printed wiring material; 1,20 mm for other constructions
Pollution degree	2		
Insulating material	CTI GR III		
NOTE 1 At locations where clearance and creepage distances cannot be differentiated (e.g. on printed wiring material), the larger distance is used. Therefore, the minimum clearance and creepage distance is 0,04 mm on printed wiring material or 1,20 mm for other constructions.			
NOTE 2 In case of d.c. supply, technical committees should carefully consider the dimensioning of the associated clearance during the dimensioning of creepage distances in order to avoid flashover because the consequences of a flashover can be more critical in d.c. circuits than in a.c. circuits.			

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 60664-2-1:2011

7.5.2.2 Dimensioning of clearance and creepage following IEC 60664-4 (approximately homogeneous field)

Table 18 – Example for dimensioning a clearance and creepage distance following IEC 60664-4 (approximately homogeneous field)

Clearance			
Recurring peak voltage	500 V		
Voltage for dimensioning according to Table F.7a of IEC 60664-1:2007	625 V	Clearance	0,2 mm for other construction; 0,069 mm on printed wiring material
Creepage distance (tracking)			
Steady-state voltage (r.m.s)	50 V	Creepage distance	0,04 mm on printed wiring material; 1,20 mm for other construction
Pollution degree	2		
Insulating material	CTI GR III		
Creepage distance (thermal effects)			
Steady-state voltage (peak)	500 V		
Frequency	30 kHz <f <100 kHz	Creepage distance	0,22 mm
	100 kHz <f <200 kHz		0,23 mm
	200 kHz <f <400 kHz		0,3 mm
	400 kHz <f <700 kHz		0,48 mm
	700 kHz <f <1 MHz		1,80 mm
	1 MHz <f <2 MHz		24,0 mm
Pollution degree	2	Multiplication of the values of Table 2 of IEC 60664-4:2005 with the factor of 1,2	
NOTE At locations where clearance and creepage distances cannot be differentiated (e.g. on printed wiring material), the larger distance is used. Therefore, the minimum clearance and creepage distance is 0,22 mm on printed wiring material for frequencies up to 100 kHz or 1,2 mm for other constructions for frequencies up to 700 kHz.			

Annex A (informative)

Overview of clauses of IEC 60664-1 requiring decisions by technical committees, specification of options or requiring activities by the manufacturer

A.1 Decisions required by technical committees

When referring to IEC 60664-1, technical committees are required to specify the following items.

Table A.1 – Clauses and titles of IEC 60664-1 and items to be considered by technical committees

Clause and title of IEC 60664-1:2007	Items to be considered in IEC 60664-1:2007
4.3.1 General, of 4.3 Voltages and voltage ratings	Specification of: the basis for voltage ratings; an overvoltage category according to the expected use of the equipment, taking into account the characteristics of the system to which it is intended to be connected
4.3.2.2.1 Equipment energized directly from the low-voltage mains	Selection whether the voltage is based on: – line-to-line voltage, or – line-to-neutral voltage. In the latter case, the technical committees shall specify how to inform the user that the equipment is for use on neutral-earthed systems only
4.3.3.2.2 Equipment energized directly from the supply mains	Specification of the overvoltage category based on the general explanation of overvoltage categories (see also Clause 443 of IEC 60364-4-44:2007)
4.7 Information supplied with the equipment	Specification of the relevant information supplied with the equipment and the way provided
4.8.2 Electric strength characteristics	Consideration of the electric strength characteristics of insulating material, taking into account the stresses described in 5.3.1, 5.3.2.2.1 and 5.3.2.3.1
4.8.3 Thermal characteristics	Consideration of the thermal characteristics of insulating material taking into account the stresses described in 5.3.2.2.2, 5.3.2.3.2 and 5.3.3.5. NOTE See also the IEC 60216 series.
4.8.4 Mechanical and chemical characteristics	Consideration of the mechanical and chemical characteristics of insulating material, taking into account the stresses described in 5.3.2.2.3, 5.3.2.3.3 and 5.3.2.4
5.3.2.2.3 Mechanical shock	Consideration of inadequate impact strength, mechanical shock, reduced impact strength of materials when specifying environmental conditions for transportation, storage, installation and use
5.3.2.4 Other stresses	Consideration of other stresses such as: – radiation, both ultraviolet and ionizing; – stress-crazing or stress-cracking caused by exposure to solvents or active chemicals; – effect of migration of plasticizers; – effect of bacteria, moulds or fungi; – mechanical creep
5.3.3.2.1 General, of 5.3.3.2 Withstand of voltage stresses	Specification as to which voltage ratings are to be assigned to their equipment
5.3.3.2.5 High-frequency voltage	Specification as to whether a test according to 6.1.3.7 is

Clause and title of IEC 60664-1:2007	Items to be considered in IEC 60664-1:2007
	necessary
5.3.3.3 Withstand of short-term heating stresses	Specification of severity levels
5.3.3.4 Withstand of mechanical stresses	Specification of severity levels
5.3.3.5 Withstand of long-term heating stresses	Specification as to whether a test is necessary. (see also IEC 60085 and the IEC 60216 series)
5.3.3.7 Withstand of other stresses	Statement of other stresses and specification of test methods
6.1.2.2.1.2 Selection of impulse test voltage	For the test conditions, specification of temperature and humidity values. Consideration as to whether sampling tests or routine tests have to be carried out in addition to type tests
6.1.3.1 Selection of tests	Specification of which type tests are required for the respective stresses occurring in the equipment. Specification of tests performed as sample and routine tests in order to ensure the quality of the insulation during production. Specification of the tests, and conditioning as appropriate, with test parameters adequate to detect faults without causing damage to the insulation
6.1.3.2 Conditioning	Specification of the appropriate conditioning method
6.1.3.4.1 Test method	Consideration as to whether the a.c. test voltage needs to be substituted by a d.c. test voltage of a value equal to the peak value of the a.c. voltage, taking into account that this test will be less stringent than the a.c. voltage test
6.1.3.5.2 Verification	Specification of: – the test circuit (Clause C.1); – the measuring equipment (Clauses C.3 and D.2); – the measuring frequency (C.3.1 and D.3.3); – the test procedure (6.1.3.5.3) according to the kind of test specimen
6.1.4.5 Test criteria	Specification as to whether partial discharges in clearances which do not result in breakdown are disregarded
6.1.5.1 Test purposes other than insulation coordination	Specification of test voltages not higher than those required for insulation coordination.
6.1.5.2 Sampling and routine tests	Specification of sampling tests and routine tests intended to ensure production quality. Specification of test voltages in no case higher than those required for type testing
C.2.1 General, to C.2 Test parameters	Specification of – the frequency f_t of the test voltage (C.2.2); – the specified discharge magnitude (6.1.3.5.4.1); – the climatic conditions for the PD test (C.2.3). NOTE It may be necessary to have different specifications for the type test and the routine test.
C.2.2 Requirements for the test voltage	Consideration of the possible effect of frequency on discharge magnitude

A.2 Optional specifications by technical committees

When referring to IEC 60664-1, technical committees are invited to consider the items in the following list and to decide on the options:

Table A.2 – Clauses and titles of IEC 60664-1 and optional specifications for consideration by technical committees

Clause and title of IEC 60664-1:2007	Items to be considered in IEC 60664-1:2007
1 Scope and object	Specification of special requirements for situations where ionized gases occur
4.3.3.2.3 Systems and equipment not energized directly from the low-voltage mains	Specification of overvoltage categories or rated impulse voltages as appropriate. Recommendation to apply the preferred series of 4.2.3
4.5 Time under voltage stress	Consideration to allow reduced creepage distances for functional insulation, which is under voltage stress for only a short time, for example of one voltage step lower than specified in Table F.4
5.1.1 General, of 5.1 Dimensioning of clearances	To take into account that the dimensioning for steady-state r.m.s. or recurring peak voltage leads to a situation in which there is no margin to breakdown with the continuous application of these voltages
5.1.6 Dimensioning of clearances of basic, supplementary and reinforced insulation	Specification of further details when dimensioning clearances to accessible surfaces of insulating material
5.2.4 Dimensioning of creepage distances of basic, supplementary and reinforced insulation	Specification of further details when dimensioning creepage distances to accessible surfaces of insulating material.
5.3.2.3.3 Mechanical stresses	Consideration of mechanical stresses when specifying conditions for testing long-term stresses
5.3.3.1 General, of 5.3.3 Requirements	Specification of further details when considering electrical stresses to accessible surfaces of solid insulation
6.1.1 General, of 6.1 Tests	Consideration to combine any high-voltage test with a partial discharge measurement according to 6.1.3.5 and Annex C for the test specimen that, after type testing, is intended or required for further use
6.1.2.2.1.1 General, of 6.1.2.2.1 Impulse voltage dielectric test	Specification of alternative dielectric tests according to 6.1.2.2.2
6.1.2.2.1.1 General, of 6.1.2.2.1 Impulse voltage dielectric test	For practical application, rounding of the values of Table F.5 for the impulse test voltages
6.1.2.2.2.1 General, of 6.1.2.2.2 Alternatives to impulse voltage dielectric tests	Specification of an a.c. or d.c. voltage test for particular equipment as an alternative method to the impulse voltage test given in 6.1.2.2.1, taking into account that they can overload and damage certain solid insulations
6.1.3.1 Selection of tests	Specification of test methods regarding vibration and mechanical shock before the dielectric testing.
6.1.3.4.1 Test method	Reduction of the duration of the test to a minimum value of 5 s in those cases where the short-term temporary overvoltage leads to the most stringent requirements with respect to the amplitude of the test voltage
6.1.3.4.1 Test method	Introduction of a safety margin on the test voltage in case of testing with respect to high steady-state stresses, including high recurring peak voltage
C.4.3 Calibration for the PD test	When specifying time intervals for recalibration, consideration that, in case of insufficient sensitivity at the PD meter, potentially harmful discharges cannot be detected
Annex F, Table F.4: Creepage distances to avoid failure due to tracking	Use of dimensions based on own experience for Table F.4 values for voltages higher than 10 000 V

A.3 Clauses requiring activities of the manufacturer

When applying IEC 60664-1 in addition to a product standard or in the absence of a relevant one, the manufacturer is required not only to carry out all relevant dimensioning and tests but also to carry out the items in the following list.

Table A.3 – Clauses and titles of IEC 60664-1 and required manufacturer activities

Clause and title of IEC 60664-1:2007	Activity required
3.9 Rated voltage	Assignment of the value of voltage to a component, device or equipment and to which operation and performance characteristics are referred
3.9.1 Rated insulation voltage	Assignment of the r.m.s. withstand voltage value to the equipment or to a part of it, characterizing the specified (long-term) withstand capability of its insulation
3.9.2 Rated impulse voltage	Assignment of the impulse withstand voltage value to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against transient overvoltages
3.9.3 Rated recurring peak voltage	Assignment of the recurring peak withstand voltage value to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against recurring peak voltages
3.9.4 Rated temporary overvoltage	Assignment of the temporary withstand overvoltage value to the equipment or to a part of it, characterizing the specified short-term withstand capability of its insulation against a.c. voltages
5.2.2.4 Orientation and location of a creepage distance	If necessary, indication of the intended orientation of the equipment or component in order that creepage distances are not adversely affected by the accumulation of pollution for which they were not designed
6.1.5.2 Sampling and routine tests	Specification of sampling tests and routine tests, intended to ensure production quality, carried out with the waveforms and voltage levels such that faults are detected without causing damage to the equipment (solid insulation or components)

Annex B

(informative)

Overview of clauses of IEC 60664-4 requiring decisions by technical committees

B.1 Decisions required by technical committees

Not applicable.

B.2 Optional specifications by technical committees

When referring to IEC 60664-4, technical committees are invited to consider the items in the following list and to decide on the options:

**Table B.1 – Clauses and titles of IEC 60664-4 and optional specifications for
consideration by technical committees**

Clause and title of IEC 60664-4:2005		Items to be considered
1	Scope and object	Specification of special requirements for situations where ionized gases occur
7.3	Conditioning	Specification of a test

Annex C (informative)

Overview of clauses of IEC 60664-5 requiring decisions by technical committees, specification of options or requiring activities by the manufacturer

C.1 Decisions required by technical committees

When referring to IEC 60664-5, technical committees are required to specify the following items:

Table C.1 – Clauses and titles of IEC 60664-5 and items to be considered by technical committees

Clause and title of IEC 60664-5:2007	Reference to IEC 60664-1:2007	Items to be considered (in case of reference to IEC 60664-1:2007, consideration of the relevant subclause of IEC 60664-1 is necessary)
4.3.1 General, of 4.3 Voltages and voltage ratings	4.3.1 of IEC 60664-1 is applicable	Specification of the basis for voltage ratings. An overvoltage category according to the expected use of the equipment, taking into account the characteristics of the system to which it is intended to be connected
4.3.2.2.1 Equipment energized directly from the low-voltage mains		Selection whether the voltage is based on: – line-to-line voltage, or – line-to-neutral voltage. In the latter case the technical committees need to specify how the user is to be informed that the equipment is for use on neutral-earthed systems only
4.3.3.2.2 Equipment energized directly from the supply mains	4.3.3.2.2 of IEC 60664-1 is applicable	Specification of the overvoltage category based on the general explanation of overvoltage categories (see also Clause 443 of IEC 60364-4-44:2007)
4.7 Information supplied with the equipment	4.7 of IEC 60664-1 is applicable	Specification of the relevant information to be supplied with the equipment and the way this is to be provided
4.8.1 General, of 4.8 Insulating material		Classification of insulating material into groups according to their CTI values. Consideration of the electric strength characteristics as well as the thermal, mechanical, chemical and water adsorption characteristics of insulating material
4.8.3 Electric strength characteristics	4.8.2 of IEC 60664-1 is applicable	Consideration of the electric strength characteristics of insulating material, taking into account the stresses described in 5.3.1, 5.3.2.2.1 and 5.3.2.3.1
4.8.4 Thermal characteristics	4.8.3 of IEC 60664-1 is applicable	Consideration of the thermal characteristics of insulating material taking into account the stresses described in 5.3.2.2.2, 5.3.2.3.2 and 5.3.3.5. NOTE See also the IEC 60216 series.
4.8.5 Mechanical and chemical characteristics	4.8.4 of IEC 60664-1 is applicable	Consideration of the mechanical and chemical characteristics of insulating material, taking into account the stresses described in 5.3.2.2.3, 5.3.2.3.3 and 5.3.2.4
5.4.2.2.3 Mechanical shock	5.3.2.2.3 of IEC 60664-1 is applicable	Consideration of inadequate impact strength, mechanical shock and reduced impact strength of materials when specifying environmental conditions for transportation, storage, installation and use
5.4.2.4 Other stresses	5.3.2.4 of IEC 60664-1 is applicable	Consideration of other stresses such as: – radiation, both ultraviolet and ionizing; – stress-crazing or stress-cracking caused by exposure to solvents or active chemicals; – the effect of migration of plasticizers; – the effect of bacteria, moulds or fungi; – mechanical creep

Clause and title of IEC 60664-5:2007	Reference to IEC 60664-1:2007	Items to be considered (in case of reference to IEC 60664-1:2007, consideration of the relevant subclause of IEC 60664-1 is necessary)
5.4.3.2.1 General, from 5.3.3.2 Withstand of voltage stresses	5.3.3.2.1 of IEC 60664-1 is applicable	Specification which voltage ratings are to be assigned to their equipment
5.4.3.2.5 High-frequency voltage		Specification whether a test according to 6.1.3.7 is necessary
5.4.3.3 Withstand of short-term heating stresses	5.3.3.3 of IEC 60664-1 is applicable	Specification of severity levels
5.4.3.4 Withstand of mechanical stresses	5.3.3.4 of IEC 60664-1 is applicable	Specification of severity levels
5.4.3.5 Withstand of long-term heating stresses	5.3.3.5 of IEC 60664-1 is applicable	Specification whether a test is necessary. (See also IEC 60085 and the IEC 60216 series)
5.4.3.7 Withstand of other stresses	5.3.3.7 of IEC 60664-1 is applicable	Statement of other stresses and specification of test methods
6.1.2.2.1.2 Selection of impulse test voltage		For the test conditions, specification of temperature and humidity values. Consideration whether sampling tests or routine tests have to be carried out in addition to type tests
6.1.3.1 Selection of tests		Specification as to which type tests are required for the respective stresses occurring in the equipment. Specification of tests performed as sample and routine tests in order to ensure the quality of the insulation during production. Specification of the tests, and conditioning as appropriate, with test parameters adequate to detect faults without causing damage to the insulation
6.1.3.2 Conditioning	6.1.3.2 of IEC 60664-1 is applicable	Specification of the appropriate conditioning method
6.1.3.4.1 Test method		Consideration whether the a.c. test voltage needs to be substituted by a d.c. test voltage of a value equal to the peak value of the a.c. voltage, taking into account that this test will be less stringent than the a.c. voltage test
6.1.3.5.2 Verification		Specification of: – the test circuit (Clause C.1); – the measuring equipment (Clauses C.3 D.2); – the measuring frequency (C.3.1 and D.3.3); – the test procedure (6.1.3.5.3) according to the kind of test specimen
6.1.4.5 Test criteria	6.1.4.5 of IEC 60664-1 is applicable	Specification whether partial discharges in clearances which do not result in breakdown are disregarded.
6.1.5.1 Test purposes other than insulation coordination	6.1.5.1 of IEC 60664-1 is applicable	Specification of test voltages not higher than those required for insulation coordination
6.1.5.2 Sampling and routine tests	6.1.5.2 of IEC 60664-1 is applicable	Specification of sampling tests and routine tests intended to ensure production quality. Specification of test voltages in no case higher than those required for type testing
	C.2.1 General, to C.2 Test parameters	Specification of: – the frequency f_t of the test voltage (C.2.2); – the specified discharge magnitude (6.1.3.5.4.1); – the climatic conditions for the PD test (C.2.3). NOTE It may be necessary to have different specifications for the type test and the routine test.
	C.2.2 Requirements for the test voltage	Consideration of the possible effect of frequency on discharge magnitude

C.2 Optional specifications by technical committees

When referring to IEC 60664-5, technical committees are invited to consider the items in the following list and to decide on the options:

Table C.2 – Clauses and titles of IEC 60664-5 and optional specifications for consideration by technical committees

Clause and title of IEC 60664-5:2007	Reference to IEC 60664-1:2007	Items to be considered (in case of reference to IEC 60664-1:2007, consideration of the relevant subclause of IEC 60664-1 is necessary)
4.3.3.2.3 Systems and equipment not energized directly from the low-voltage mains	4.3.3.2.3 of IEC 60664-1 is applicable	Specification of overvoltage categories or rated impulse voltages as appropriate. Recommendation to apply the preferred series of 4.2.3
5.2.1 General, of 5.2 Dimensioning of clearances		To take into account that the dimensioning for steady-state r.m.s. or recurring peak voltage leads to a situation in which there is no margin to breakdown with the continuous application of these voltages
5.2.6 Dimensioning of clearances of basic, supplementary and reinforced insulation		Specification of further details when dimensioning clearances to accessible surfaces of insulating material
5.3.2.3.2 Dimensioning to maintain insulation resistance		To take into account the insulation resistance for dimensioning when a maximum leakage current between live parts or between live parts and an accessible surface of equipment is specified
5.3.4 Dimensioning of creepage distances of basic, supplementary and reinforced insulation		Specification of further details when dimensioning creepage distances to accessible surfaces of insulating material
5.4.2.3.3 Mechanical stresses	5.3.2.3.3 of IEC 60664-1 is applicable	Consideration of mechanical stresses when specifying conditions for testing long-term stresses
5.4.3.1 General, of 5.4.3 Requirements	5.3.3.1 of IEC 60664-1 is applicable	Specification of further details when considering electrical stresses to accessible surfaces of solid insulation
6.1.1 General, of 6.1 Tests		Consideration to combine any high-voltage test with a partial discharge measurement according to 6.1.3.5 and Annex C for test specimen that, after type testing, is intended or required for further use
6.1.2.2.1.1 General, of 6.1.2.2.1 Impulse voltage dielectric test		Specification of alternative dielectric tests according to 6.1.2.2.2
6.1.2.2.1.1 General, of 6.1.2.2.1 Impulse voltage dielectric test		For practical application, rounding of the values of Table F.5 for the impulse test voltages
6.1.2.2.2.1 General, of 6.1.2.2.2 Alternatives to impulse voltage dielectric tests		Specification of an a.c. or d.c. voltage test for particular equipment as an alternative method to the impulse voltage test given in 6.1.2.2.1, taking into account that they can overload and damage certain solid insulations
6.1.3.1 Selection of tests		Specification of test methods regarding vibration and mechanical shock before the dielectric testing
6.1.3.4.1 Test method		Reduction of the duration of the test to a minimum value of 5 s in those cases where the short-term temporary overvoltage leads to the most stringent requirements with respect to the amplitude of the test voltage
6.1.3.4.1 Test method		Introduction of a safety margin on the test voltage in case of testing with respect to high steady-state stresses including high recurring peak voltage
	C.4.3 Calibration for the PD test	When specifying time intervals for recalibration, consideration that, in case of insufficient sensitivity at the

Clause and title of IEC 60664-5:2007	Reference to IEC 60664-1:2007	Items to be considered (in case of reference to IEC 60664-1:2007, consideration of the relevant subclause of IEC 60664-1 is necessary)
		PD meter, potentially harmful discharges cannot be detected
	Annex F, Table F.4, Creepage distances to avoid failure due to tracking	Use of dimensions based on own experience for Table 4 values for voltages higher than 10 000 V

C.3 Clauses requiring activity by the manufacturer

When applying IEC 60664-5 in addition to a product standard or in absence of a relevant one, the manufacturer is required not only to carry out all relevant dimensioning and tests but also to carry out the items in the following list, where he specifically is mentioned:.

Table C.3 – Clauses and titles of IEC 60664-5 and required manufacturer activities

Clause and title of IEC 60664-5:2007	Reference to IEC 60664-1:2007	Activity required (in case of reference to IEC 60664-1:2007, consideration of the relevant subclause of IEC 60664-1 is necessary)
	3.9 Rated voltage	Assignment of the value of voltage to a component, device or equipment and to which operation and performance characteristics are referred
	3.9.1 Rated insulation voltage	Assignment of the r.m.s. withstand voltage value to the equipment or to a part of it, characterizing the specified (long-term) withstand capability of its insulation
	3.9.2 Rated impulse voltage	Assignment of the impulse withstand voltage value to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against transient overvoltages
	3.9.3 Rated recurring peak voltage	Assignment of the recurring peak withstand voltage value to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against recurring peak voltages
	3.9.4 Rated temporary overvoltage	Assignment of the temporary withstand overvoltage value to the equipment or to a part of it, characterizing the specified short-term withstand capability of its insulation against a.c. voltages
5.3.2.4 Orientation and location of a creepage distance	5.2.2.4 of IEC 60664-1 is applicable	If necessary, indication of the intended orientation of the equipment or component in order that creepage distances be not adversely affected by the accumulation of pollution for which they were not designed
6.1.5.2 Sampling and routine tests	6.1.5.2 of IEC 60664-1 is applicable	Specification of sampling tests and routine tests intended to ensure production quality. They are carried out with the waveforms and voltage levels such that faults are detected without causing damage to the equipment (solid insulation or components)

Annex D (informative)

Dimensioning of clearances and creepage distances for d.c. voltages above 1 000 V d.c.

D.1 Introductory remark

IEC 60664-1:2007 deals with the insulation coordination for equipment within low-voltage systems having a rated d.c. voltage up to 1 500 V. The tables in IEC 60664-1:2007 give no specific values for d.c. voltages beyond 1 000 V and up to 1 500 V. This Annex D amends the tables of Annex F of IEC 60664-1:2007.

D.2 Rated impulse voltage for equipment energized directly from the low-voltage mains

Table D.1 can be used in addition to the information provided in Table F.1 of IEC 60664-1:2007.

Table D.1 – Rated impulse voltage for equipment

Nominal voltage of the supply system based on IEC 60038	Voltage line to neutral derived from nominal d.c. voltages up to and including V	Rated impulse voltage			
		Overvoltage category ^a			
Single phase V		I V	II V	III V	IV V
Refer to Table F.1 in IEC 60664-1:2007	Up to 1 000 V, refer to Table F.1 in IEC 60664-1:2007	Refer to Table F.1 in IEC 60664-1:2007			
1 500 d.c. ^b	1 500	6 000	8 000	10 000	15 000
^a See 4.3.3.2.2 of IEC 60664-1:2007 for an explanation of the overvoltage categories.					
^b Information in line with railway application, consistency to be checked with technical committee 64.					

D.3 Dimensioning of clearances of basic, supplementary and reinforced insulation

Clearances of basic and supplementary insulation are each dimensioned as specified in Table F.2 of IEC 60664-1:2007.

With respect to impulse voltages, clearances of reinforced insulation should be dimensioned as described e.g. in 5.1.6 of IEC 60664-1:2007.

D.4 Dimensioning of creepage distances

For dimensioning of creepage distances for d.c. voltages above 1 000 V, see Table F.4 of IEC 60664-1:2007.

Bibliography

IEC 60050-151, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050-212, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 212: Electrical insulating solids, liquids, and gases*

IEC 60050-604, *International Electro- technical Vocabulary – Part 604: Generation, transmission and distribution of electricity – Operation*

IEC 60050-826, *Electrical installations*

IEC 60038, *IEC standard voltages*

IEC 60079 (all parts), *Explosive atmospheres*

IEC 60194, *Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions*

IEC 60669-1:1998, *Switches for household and similar fixed-electrical installations – Part 1: General requirements*
Amendment 1 (1999), Amendment 2 (2006)

IEC 60947-1:2007, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules*

IEC 62019:1999, *Electrical accessories – Circuit-breakers and similar equipment for household use – Auxiliary contact units*
Amendment 1 (2002)

ISO/IEC Guide 2, *Standardization and related activities – General vocabulary*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC TR 60664-2-1:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	70
INTRODUCTION	72
1 Domaine d'application	73
2 Références normatives	73
3 Termes et définitions	74
4 Principes et application pratique de la série CEI 60664 pour le dimensionnement d'isolement du matériel BT	81
4.1 Principes de base	81
4.2 Coordination des catégories de surtension à l'intérieur du matériel	82
4.3 Utilisation pratique de la série CEI 60664 pour le dimensionnement des distances d'isolement dans l'air	82
4.3.1 Généralités	82
4.3.2 Utilisation pratique de la CEI 60664-1:2007, Tableaux F.2 et F.7, pour le dimensionnement des distances d'isolement	83
4.3.3 Utilisation pratique des Tableaux 2 et 3 de la CEI 60664-5:2007 pour le dimensionnement des distances d'isolement	84
4.4 Utilisation pratique de la série CEI 60664 pour le dimensionnement des lignes de fuite	85
4.4.1 Généralités	85
4.4.2 Utilisation pratique du Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007 et du Tableau 4 de la CEI 60664-5:2007 pour le dimensionnement des lignes de fuite	85
4.4.3 Utilisation pratique du Tableau 5 de la CEI 60664-5:2007 pour le dimensionnement des lignes de fuite	86
4.4.4 Utilisation pratique de la CEI 60664-1:2007 pour vérifier le dimensionnement des lignes de fuite en fonction de la durée d'application de la contrainte de tension	87
4.4.5 Utilisation pratique de la CEI 60664-3:2003 pour la réduction des conditions micro-environnementales pour le dimensionnement des lignes de fuite	88
4.5 Utilisation pratique de la série CEI 60664 pour le dimensionnement de l'isolation solide	88
4.5.1 Généralités	88
4.5.2 Coordination des distances d'isolement et de l'isolation solide	89
4.5.3 Informations pratiques relatives à la vérification du dimensionnement de l'isolation solide	90
4.6 Utilisation pratique de la série CEI 60664 pour la conception de l'isolation fonctionnelle	96
4.6.1 Généralités	96
4.6.2 Dimensionnement et essai de l'isolation fonctionnelle par rapport à l'isolation principale	96
4.7 Utilisation pratique de la série CEI 60664 pour le dimensionnement en fonction de l'influence de la fréquence de la tension	97
4.7.1 Influence générale de la fréquence sur les caractéristiques de tenue	97
4.7.2 Influence de la fréquence sur les caractéristiques de tenue des distances d'isolement	97
4.7.3 Influence de la fréquence sur les caractéristiques de tenue des lignes de fuite	98
4.7.4 Influence de la fréquence sur les caractéristiques de tenue de l'isolation solide	98

5	Quatre exemples illustrant le dimensionnement approprié de l'isolation à l'intérieur d'un matériel	100
5.1	Généralités.....	100
5.2	Exemples de dimensionnement des distances d'isolement pour le matériel de classe II conformément à la CEI 60664-1	103
5.3	Exemples de dimensionnement des distances d'isolement pour le matériel de classe II conformément à la CEI 60664-5	104
6	Application pratique de la série CEI 60664 concernant des questions particulières.....	106
6.1	Généralités.....	106
6.2	Essai de l'ensemble du matériel lorsque des composants court-circuitent l'isolation principale.....	106
6.3	Essai de l'ensemble du matériel lorsque des composants court-circuitent l'isolation fonctionnelle	107
6.3.1	Généralités.....	107
6.3.2	Vérification des distances d'isolement et des lignes de fuite.....	107
6.3.3	Vérification des composants court-circuitant l'isolation.....	107
6.4	Dimensionnement des distances d'isolation des parties du matériel pouvant présenter une capacité d'isolation	108
6.4.1	Généralités.....	108
6.4.2	Dimensionnement des dispositifs associés à un matériel déclaré apte à l'isolation	108
6.4.3	Dimensionnement des dispositifs associés à un matériel qui n'a pas été déclaré apte à l'isolation	108
6.5	Essais par rapport à une contrainte de tension à hautes fréquences	108
6.6	Informations pratiques en cas de substitution d'un essai de tenue aux chocs par un essai en tension alternative ou en tension continue	109
6.6.1	Généralités.....	109
6.6.2	Caractéristiques de la tension en courant alternatif ayant remplacé un essai de tenue aux chocs d'un essai diélectrique.....	109
6.6.3	Caractéristiques de la tension en courant continu ayant remplacé un essai de tenue aux chocs d'un essai diélectrique.....	109
7	Exemples de fiche de dimensionnement (reposant sur le cas A de la CEI 60664-1:2007).....	110
7.1	Utilisation de la CEI 60664-1:2007 pour les circuits du matériel directement ou indirectement connectés au réseau d'alimentation.....	110
7.2	Utilisation de la CEI 60664-5:2007 pour les circuits du matériel directement ou indirectement connectés au réseau d'alimentation.....	111
7.3	Utilisation de la CEI 60664-4:2005 pour les circuits du matériel directement ou indirectement connectés au réseau d'alimentation.....	113
7.4	Exemples de comparaison du dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite conformément à la CEI 60664-1 et à la CEI 60664-5 reposant sur la condition du cas A (isolation principale, pour le matériel utilisé jusqu'à 2 000 m d'altitude)	114
7.4.1	Circuits non connectés directement au réseau d'alimentation	115
7.4.2	Circuits non connectés directement au réseau d'alimentation	116
7.5	Exemples de comparaison de dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite conformément à la CEI 60664-1 et à la CEI 60664-4 reposant sur la condition du cas A (isolation principale, pour le matériel utilisé jusqu'à 2 000 m d'altitude)	117
7.5.1	Circuits non connectés directement au réseau d'alimentation	117
7.5.2	Circuits non connectés directement au réseau d'alimentation	119

Annexe A (informative) Présentation des articles de la CEI 60664-1 sur lesquels les comités d'études doivent prendre une décision, spécification des options ou nécessité d'interventions du fabricant	121
Annexe B (informative) Présentation des Articles de la CEI 60664-4 sur lesquels les comités d'études doivent prendre une décision	125
Annexe C (informative) Présentation des articles de la CEI 60664-5 sur lesquels les comités d'études doivent prendre une décision, spécification des options ou nécessité de l'intervention du fabricant	126
Annexe D (informative) Dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite pour des tensions en courant continu supérieures à 1000 V c.c.	131
Bibliographie.....	132
Figure 1 – Tension de claquage de l'isolation solide en fonction de la durée de la contrainte de tension	89
Figure 2 – Montage en série de la distance d'isolement et de l'isolation solide	92
Figure 3 – Diviseur de tension capacitif	92
Figure 4 – Intensité du champ admissible pour le dimensionnement de l'isolation solide selon l'Equation (7).....	99
Figure 5a – Exemple 1 – Simple illustration d'un système d'isolation contenant une isolation fonctionnelle, principale et renforcée/double pour un matériel de classe I	101
Figure 5b – Exemple 2 – Dimensionnement des distances d'isolement du matériel de classe I, en fonction de la catégorie de surtension III.....	101
Figure 5c – Exemple 3 – Dimensionnement des distances d'isolement (matériel de classe II).....	103
Figure 5d – Exemple 4 – Dimensionnement des distances d'isolement (matériel de classe II).....	104
Figure 6 – Disposition pour l'essai de tension en courant alternatif (ou continu).....	107
Tableau 1 – Exemples pour les tensions assignées 100 V et 230 V et la catégorie de surtension II	91
Tableau 2 – Exemple 2 – Dimensionnement des distances d'isolement selon le Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007 (degré de pollution 2) (voir l'exemple 2 de la Figure 5b).....	102
Tableau 3 – Exemple 2 – Dimensionnement des distances d'isolement selon les Tableaux F.2 et F.7a de la CEI 60664-1:2007, surtensions temporaires conformément au 5.3.3.2.3 de la CEI 60664-1:2007 (U_n+1 200 V) (voir l'exemple 2 de la Figure 5b).....	102
Tableau 4 – Exemple 3 – Dimensionnement des distances d'isolement selon le Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007 (degré de pollution 2) (voir l'exemple 3 de la Figure 5c)	103
Tableau 5 – Exemple 3 – Dimensionnement des distances d'isolement selon les Tableaux F.2 et F.7a de la CEI 60664-1:2007, surtensions temporaires conformément au 5.3.3.2.3 de la CEI 60664-1:2007 (U_n+1 200 V) (voir l'exemple 3 de la Figure 5c)	104
Tableau 6 – Exemple 4 – Dimensionnement des distances d'isolement selon le Tableau 2 de la CEI 60664-5:2007 (voir exemple 4 de la Figure 5d)	105
Tableau 7 – Exemple 4 – Dimensionnement des distances d'isolement selon les Tableaux 2 et 3 de la CEI 60664-5:2007, surtensions temporaires conformément au 5.3.3.2.3 de la CEI 60664-1:2007 (U_n+1 200 V) (voir exemple 4 de la Figure 5d)	105
Tableau 8 – Relation entre les paramètres influents et les références normatives de la CEI 60664-1	110
Tableau 9 – Relation entre les paramètres influents et les références normatives de la CEI 60664-1 ou de la CEI 60664-5.....	111

Tableau 10 – Relation entre les paramètres influents et les références normatives de la CEI 60664-1 ou de la CEI 60664-4	113
Tableau 11 – Exemple de dimensionnement d'une distance d'isolement et d'une ligne de fuite selon la CEI 60664-1	115
Tableau 12 – Exemple de dimensionnement d'une distance d'isolement et d'une ligne de fuite selon la CEI 60664-5	115
Tableau 13 – Exemple de dimensionnement d'une distance d'isolement et d'une ligne de fuite selon la CEI 60664-1 dans les circuits non connectés directement au réseau d'alimentation	116
Tableau 14 – Exemple de dimensionnement d'une distance d'isolement et d'une ligne de fuite selon la CEI 60664-5 dans les circuits non connectés directement au réseau d'alimentation	116
Tableau 15 – Exemple de dimensionnement d'une distance d'isolement et d'une ligne de fuite selon la CEI 60664-1 dans les circuits non connectés directement au réseau d'alimentation	117
Tableau 16 – Exemple de dimensionnement d'une distance d'isolement et d'une ligne de fuite selon la CEI 60664-4 (champ presque homogène)	118
Tableau 17 – Exemple de dimensionnement d'une distance d'isolement et d'une ligne de fuite selon la CEI 60664-1 dans les circuits non connectés directement au réseau d'alimentation	119
Tableau 18 – Exemple de dimensionnement d'une distance d'isolement et d'une ligne de fuite selon la CEI 60664-4 (champ presque homogène)	120
Tableau A.1 – Articles et titres de la CEI 60664-1 et éléments devant être pris en compte par les comités d'études	121
Tableau A.2 – Articles et titres de la CEI 60664-1 et spécifications facultatives devant être pris en compte par les comités d'études	123
Tableau A.3 – Articles et titres de la CEI 60664-1 et nécessité d'interventions du fabricant	124
Tableau B.1 – Articles et titres de la CEI 60664-4 et spécifications facultatives devant être pris en compte par les comités d'études	125
Tableau C.1 – Articles et titres de la CEI 60664-5 et éléments devant être pris en compte par les comités d'études	126
Tableau C.2 – Articles et titres de la CEI 60664-5 et spécifications facultatives devant être pris en compte par les comités d'études	128
Tableau C.3 – Articles et titres de la CEI 60664-5 et nécessité d'interventions du fabricant	129
Tableau D.1 – Tension assignée de choc pour les matériels	131

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COORDINATION DE L'ISOLEMENT DES MATÉRIELS DANS LES SYSTÈMES (RÉSEAUX) À BASSE TENSION –

Partie 2-1: Guide d'application – Explication de l'application de la série CEI 60664, exemples de dimensionnement et d'essais diélectriques

AVANT-PROPOS

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

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Norme internationale, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

CEI/TR 60664-2-1, qui est un rapport technique, sert comme guide d'application de la série CEI 60664 et a été élaboré par le comité d'études 109 de la CEI: Coordination de l'isolement pour le matériel à basse tension.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, publiée en 1997 dont elle constitue une révision technique.

Les modifications principes par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- l'édition précédente n'était qu'un guide d'application pour la CEI 60664-1. Cette deuxième édition prend en compte non seulement la CEI 60664-1 mais également les autres parties qui sont les CEI 60664-3, CEI 60664-4, et CEI 60664-5 et leurs relations mutuelles;
- les principes de la série 60664 concernant le dimensionnement de l'isolement des appareils basse tension sont expliqués et des exemples d'application pratiques sont fournis avec des informations de base;
- l'Annexe A fournit une vue d'ensemble des articles de la CEI 60664-1 nécessitant des décisions des comités techniques, ou des spécifications des options, ou nécessitant les activités du fabricant;
- l'Annexe B fournit une vue d'ensemble de tels articles de la CEI 60664-4;
- l'Annexe C fournit une vue d'ensemble de tels articles de la CEI 60664-5;
- l'Annexe D amende les tableaux de l'Annexe F de la CEI 60664-1:2007 avec des tensions d'impulsion assignées concernant les tensions phase-neutre dérivées des tensions nominales en courant continu allant jusqu'à 1 500 V inclus.

Le texte de ce guide d'application est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
109/82/DTR	109/83/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce guide d'application.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Elle a le statut de publication fondamentale de sécurité en conformité avec le Guide 104 de la CEI.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60664, publiées sous le titre général *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

Le contenu du corrigendum d'octobre 2011 a été pris en considération dans cet exemplaire.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Le présent guide d'application donne des informations relatives à la coordination de l'isolement, telles qu'elles sont décrites dans la série CEI 60664, au profit des comités d'étude de la CEI et des fabricants. Il contient des informations générales relatives au dimensionnement des distances d'isolement dans l'air, des lignes de fuite et de l'isolation solide des matériels.

Il explique comment utiliser et comprendre les normes de la série CEI 60664 lorsqu'elles sont appliquées par les comités d'études et les fabricants.

La coordination de l'isolement des matériels implique d'évaluer les valeurs minimales nécessaires de dimensionnement des distances d'isolement dans l'air, de lignes de fuite et d'isolation solide, afin d'assurer une utilisation sûre du matériel tout au long de sa durée de vie, en tenant compte des conditions environnementales prévisibles.

Les principaux paramètres à prendre en compte pour bien comprendre la série CEI 60664 sont les suivants:

- la contrainte de tension maximale à supporter afin d'éviter tout contournement pouvant apparaître à travers les distances d'isolement;
- les caractéristiques du matériau isolant solide et les conditions environnementales liées au cheminement. La CEI 60664-3 fournit les méthodes d'amélioration du micro-environnement au niveau de la ligne de fuite;
- la contrainte de champ électrique à travers l'isolation solide liée au risque de décharges partielles et les pertes diélectriques qui engendrent un risque de défaillance suite à une surchauffe. En particulier, il convient que les comités d'étude et les fabricants prévoient un essai de décharges partielles si la tension crête maximale dans l'isolant dépasse 700 V et si la valeur de crête de l'intensité du champ est supérieure à 1 kV/mm. Étant donné que l'importance du phénomène de décharge partielle et des pertes diélectriques augmente avec la fréquence de la tension, une norme dédiée, la CEI 60664-4, s'applique pour les fréquences supérieures à 30 kHz;

NOTE La CEI 60664-4 fournit des informations concernant les distances d'isolement, les lignes de fuite, l'isolement solide et les essais pour des fréquences au-dessus 30 kHz.

- la contrainte de tension maximale de longue durée à tolérer afin d'éviter le cheminement sur la surface de l'isolant;
- le contournement; outre le cheminement, le contournement augmente avec la réduction de la ligne de fuite en présence d'un taux d'humidité élevé. La CEI 60664-5 présente les niveaux d'humidité liés aux effets de l'humidité sur les lignes de fuite inférieures ou égales à 2 mm.

D'autres contraintes (la chaleur, les vibrations, les chocs mécaniques, les rayonnements, par exemple) peuvent influencer les performances des matériaux isolants solides en service. Il convient que les comités d'études et les fabricants tiennent compte des risques liés à ces contraintes lors de la spécification des conditions d'essai des matériels utilisés dans des conditions particulières.

COORDINATION DE L'ISOLEMENT DES MATÉRIELS DANS LES SYSTÈMES (RÉSEAUX) À BASSE TENSION –

Partie 2-1: Guide d'application – Explication de l'application de la série CEI 60664, exemples de dimensionnement et d'essais diélectriques

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60664-2 qui est un rapport technique, sert comme guide d'application aux comités d'études et aux fabricants en spécifiant les exigences en matière de dimensionnement des produits conformes à la série CEI 60664.

Les éléments significatifs à prendre en compte sont les suivants:

- a) la/les tension(s) nominale(s) du réseau ou la/les tension(s) assignée(s) d'isolement;
- b) la catégorie de surtension des produits (cat. OV);
- c) tous les types de surtension;
- d) la fréquence de la tension;
- e) les caractéristiques du matériau isolant solide;
- f) le degré de pollution et les niveaux d'humidité.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document référencé s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60085:2007, *Isolation électrique – Évaluation et désignation thermiques*

CEI 60112 :2003, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*
Amendement 1 (2009)

CEI 60216 (toutes les parties), *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique*

CEI 60364-4-44:2007, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-44: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques*

CEI 60664-1:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

CEI 60664-3:2003, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 3: Utilisation de revêtement, d'empotage ou de moulage pour la protection contre la pollution*

CEI 60664-4:2005, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 4: Considérations sur les contraintes de tension à hautes fréquences*

CEI 60664-5:2007, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 5: Méthode détaillée de détermination des distances d'isolement dans l'air et des lignes de fuite inférieures ou égales à 2 mm*

CEI 61140:2001, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

NOTE Toutes les définitions se trouvent dans les différentes parties de la série CEI 60664, comme indiqué ci-dessous.

3.0

charge apparente

q

charge électrique qu'il est possible de mesurer à la borne du spécimen en essai

NOTE 1 La charge apparente est inférieure à la décharge partielle.

NOTE 2 La mesure de la charge apparente nécessite un état de court-circuit aux bornes du spécimen en essai.

[CEI 60664-1:2007, 3.18.1]

3.1

champ approximativement homogène

pour les fréquences dépassant 30 kHz, le champ est considéré comme étant approximativement homogène, lorsque le rayon de courbure des parties conductrices est supérieur ou égal à 20 % de la distance d'isolement

[CEI 60664-4:2005, 3.1]

3.2

matériau de base

matériau isolant sur lequel peut être réalisée une impression conductrice

NOTE Le matériau de base peut être rigide ou souple, ou encore les deux. Il peut s'agir d'un diélectrique ou d'une feuille de métal isolée.

(CEI 60194, définition 40.1334)

[CEI 60664-3:2003, 3.1]

3.3

isolation principale

isolation des parties actives dangereuses qui assure la protection principale

NOTE Cette notion n'est pas applicable à l'isolation exclusivement utilisée à des fins fonctionnelles.

(VEI 826-12-14)

[CEI 60664-1:2007, 3.17.2]

3.4

distance d'isolement dans l'air

distance d'isolement

distance la plus courte dans l'air entre deux parties conductrices

[CEI 60664-1:2007, 3.2]

3.5

revêtement

matériau isolant tel que vernis ou film sec posé sur la surface de l'ensemble

NOTE Le revêtement et le matériau de base d'une carte imprimée forment un système isolant qui peut avoir des propriétés similaires à l'isolation solide.

[CEI 60664-3:2003, 3.5]

3.6**conducteur**

chemin conducteur simple d'une impression conductrice

(CEI 60194, définition 22.0251)

[CEI 60664-3:2003, 3.3]

3.7**ligne de fuite**

distance la plus courte, le long de la surface d'un isolant solide, entre deux parties conductrices

(VEI 151-15-50)

[CEI 60664-1:2007, 3.3]

3.8**double isolation**

isolation comprenant à la fois une isolation principale et une isolation supplémentaire

(VEI 826-12-16)

[CEI 60664-1:2007, 3.17.4]

3.9**claquage électrique**

défaillance de l'isolation en cas de contrainte électrique lorsque la décharge court-circuite complètement l'isolation, réduisant pratiquement à zéro la tension entre les électrodes

[CEI 60664-1:2007, 3.20]

3.10**intensité du champ électrique**

E

gradient de tension par unité de longueur, généralement exprimé en kV/mm

[CEI 60664-4:2005, 3.7]

3.11**environnement**

environnement qui peut influencer sur le fonctionnement d'un dispositif ou d'un système

NOTE Des exemples sont la pression, la température, l'humidité, la pollution, les rayonnements et les vibrations.

(VEI 151-16-03, modifiée)

[CEI 60664-1:2007, 3.12]

3.12**contournement**

claquage électrique à la surface d'une isolation solide dans un milieu liquide ou gazeux

[CEI 60664-1:2007, 3.20.2]

3.13**isolation fonctionnelle**

isolation entre parties conductrices qui est uniquement nécessaire au bon fonctionnement du matériel

[CEI 60664-1:2007, 3.17.1]

3.14

champ homogène

champ électrique dont le gradient de tension est essentiellement constant entre les électrodes (champ uniforme), tel que celui existant entre deux sphères dont le rayon de chacune est plus grand que la distance qui les sépare

NOTE Une condition de champ homogène est intitulée cas B.

[CEI 60664-1:2007, 3.14]

3.15

tension de tenue aux chocs

valeur de crête la plus élevée d'une tension de choc, de forme et de polarité prescrites, qui ne provoque pas de claquage dans des conditions d'essai spécifiées

[CEI 60664-1:2007, 3.8.1]

3.16

champ hétérogène

champ électrique dont le gradient de tension entre électrodes n'est pas essentiellement constant (champ non uniforme)

NOTE 1 La condition de champ hétérogène d'une configuration point par rapport à une électrode plane est le cas le plus contraignant vis-à-vis de la tenue aux surtensions et est représentée par le cas A. Elle est représentée par une électrode point ayant un rayon de 30 μm et une surface plane de 1 m $\times$ 1 m.

NOTE 2 Pour les fréquences dépassant 30 kHz, le champ est considéré comme étant non homogène, lorsque le rayon de courbure des parties conductrices est inférieur à 20 % de la distance d'isolement.

[CEI 60664-1:2007, 3.15, modifiée et CEI 60664-4:2005, 3.2]

3.17

isolation

partie d'un produit électrotechnique qui sépare les pièces conductrices portées à des potentiels différents

(VEI 212-01-05)

[CEI 60664-1:2007, 3.17]

3.18

coordination de l'isolement

correspondance mutuelle des caractéristiques d'isolement du matériel électrique en tenant compte du micro-environnement prévu et des autres contraintes ayant une influence

[CEI 60664-1:2007, 3.1, modifiée]

3.19

macro-environnement

environnement de la pièce ou de tout autre endroit dans lequel le matériel est installé ou utilisé

[CEI 60664-1:2007, 3.12.1]

3.20

micro-environnement

environnement immédiat de l'isolation qui influence en particulier le dimensionnement des lignes de fuite

[CEI 60664-1:2007, 3.12.2]

3.21**surtension**

toute tension ayant une valeur de crête dépassant la valeur de crête correspondante de la tension maximale en régime permanent dans les conditions normales de fonctionnement

[CEI 60664-1:2007, 3.7]

3.22**catégorie de surtension**

nombre définissant une condition de surtension transitoire

[CEI 60664-1:2007, 3.10, modifiée]

3.23**décharge partielle**

DP

décharge électrique qui court-circuite partiellement l'isolation

[CEI 60664-1:2007, 3.18]

3.24**tension de seuil de décharge partielle**

U_i

la plus faible valeur de crête de la tension d'essai à laquelle la charge apparente est supérieure à la grandeur de décharge spécifiée, si la tension d'essai est augmentée à partir d'une faible valeur pour laquelle aucune décharge ne se produit

NOTE Pour les essais en courant alternatif, il est également possible d'utiliser la valeur efficace.

[CEI 60664-1:2007, 3.18.4]

3.25**pollution**

tout apport de matériau étranger solide, liquide ou gazeux (gaz ionisés), qui peut entraîner une réduction de la rigidité diélectrique ou de la résistivité de la surface de l'isolation

[CEI 60664-1:2007, 3.11]

3.26**degré de pollution**

nombre caractérisant la pollution prévue du micro-environnement

[CEI 60664-1:2007, 3.13]

3.27**carte imprimée**

terme général pour configurations de câblage imprimé et circuit imprimé entièrement traités

NOTE Cela comprend les cartes simple face, double face et multicouches à matériaux rigides, souples et flexorigides.

(CEI 60194, définition 60.1485)

[CEI 60664-3:2003, 3.2]

3.28**protection**

toute mesure qui réduit l'influence de l'environnement

[CEI 60664-3:2003, 3.4]

3.29

tension de tenue en valeur efficace

valeur efficace la plus élevée d'une tension qui ne provoque pas de claquage de l'isolation dans des conditions d'essai spécifiées

[CEI 60664-1:2007, 3.8.2]

3.30

tension assignée de tenue aux chocs

valeur de tension de tenue aux chocs fixée par le fabricant aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée de son isolation contre des surtensions transitoires

[CEI 60664-1:2007, 3.9.2]

3.31

tension assignée d'isolement

valeur efficace de tension de tenue fixée par le fabricant aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée (à long terme) de son isolation

NOTE La tension assignée d'isolement n'est pas nécessairement égale à la tension assignée des matériels qui est principalement liée aux caractéristiques fonctionnelles.

[CEI 60664-1:2007, 3.9.1]

3.32

tension assignée de tenue aux crêtes répétitives

valeur de la tension de tenue aux crêtes répétitives fixée par le fabricant aux matériels ou à une partie d'entre eux caractérisant la capacité de tenue spécifiée de son isolation contre les tensions de crêtes répétitives

[CEI 60664-1:2007, 3.9.3]

3.33

surtension temporaire assignée

valeur de la tension de tenue aux surtensions temporaires fixée par le fabricant aux matériels ou à une partie d'entre eux, caractérisant la capacité de tenue spécifiée pour de courtes durées de son isolation contre les tensions en c.a.

[CEI 60664-1:2007, 3.9.4]

3.34

tension assignée

valeur de la tension, fixée par le fabricant à un composant, à un dispositif ou à un matériel et à laquelle on se réfère pour le fonctionnement et pour les caractéristiques fonctionnelles

NOTE Les matériels peuvent avoir plusieurs valeurs ou une plage de tensions assignées.

[CEI 60664-1:2007, 3.9]

3.35

tension de crête répétitive

U_{rp}

valeur de crête maximale des excursions périodiques de la forme d'onde de tension résultant des déformations d'une tension en c.a. ou de composantes alternatives superposées à la tension en c.c.

NOTE Les surtensions aléatoires dues par exemple à des manœuvres occasionnelles ne sont pas considérées comme des tensions de crête répétitive.

[CEI 60664-1:2007, 3.6]

3.36**tension de tenue aux crêtes répétitives**

valeur de crête la plus élevée d'une tension de crête répétitive qui ne provoque pas de claquage de l'isolation dans des conditions spécifiées

[CEI 60664-1:2007, 3.8.3]

3.37**isolation renforcée**

isolation des parties actives dangereuses assurant un degré de protection contre les chocs électriques équivalent à une double isolation

NOTE L'isolation renforcée peut comporter plusieurs couches qui ne peuvent pas être essayées séparément en tant qu'isolation principale ou isolation supplémentaire.

(VEI 826-12-17)

[CEI 60664-1:2007, 3.17.5]

3.38**essai individuel de série**

essai auquel est soumis chaque dispositif en cours ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait à des critères définis

[CEI 60664-1:2007, 3.19.2]

3.39**essai sur prélèvement**

essai effectué sur un certain nombre de dispositifs prélevés au hasard dans un lot

[CEI 60664-1:2007, 3.19.3]

3.40**isolation solide**

matériau isolant solide placé entre deux parties conductrices

NOTE Dans le cas d'une carte imprimée à revêtement, l'isolation solide est constituée de la carte elle-même ainsi que du revêtement. Dans les autres cas, l'isolation solide est constituée du matériau d'encapsulation.

[CEI 60664-3:2003, 3.6]

3.41**espacement**

toute combinaison de distances d'isolement, de lignes de fuite et des distances à travers l'isolation

[CEI 60664-3:2003, 3.7]

3.42**grandeur de décharge spécifiée**

grandeur de la charge apparente considérée comme la valeur limite au sens de la présente norme

NOTE Il convient d'évaluer l'impulsion d'amplitude maximale.

[CEI 60664-1:2007, 3.18.2]

3.43**isolation supplémentaire**

isolation indépendante prévue, en plus de l'isolation principale, en tant que protection en cas de défaut

(VEI 826-12-15)

[CEI 60664-1:2007, 3.17.3]

3.44

surtension temporaire

surtension à fréquence industrielle de durée relativement longue

[CEI 60664-1:2007, 3.7.1]

3.45

tension de tenue aux surtensions temporaires

valeur efficace la plus élevée d'une surtension temporaire qui ne provoque pas de claquage de l'isolation dans des conditions spécifiées

[CEI 60664-1:2007, 3.8.4]

3.46

essai

opération technique qui consiste à déterminer une ou plusieurs caractéristiques d'un produit, processus ou service donné, selon un mode opératoire spécifié

(ISO/CEI Guide 2:1996, 13.1)

NOTE Un essai est destiné à mesurer ou à classer une caractéristique ou une propriété d'une entité en appliquant à celle-ci un ensemble d'exigences et de conditions d'environnement et de fonctionnement.

(VEI 151-16-13)

[CEI 60664-1:2007, 3.19]

3.47

surtension transitoire

surtension de courte durée, ne dépassant pas quelques millisecondes, oscillatoire ou non, généralement fortement amortie

(VEI 604-03-13)

[CEI 60664-1:2007, 3.7.2]

3.48

essai de type

essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier que cette conception répond à certaines spécifications

[CEI 60664-1:2007, 3.19.1]

3.49

valeur de crête

$U_{\text{crête}}$

valeur de crête de tout type de tension de crête périodique à travers l'isolation

[CEI 60664-4:2005, 3.3]

3.50

adsorption d'eau

adsorption d'eau capacité du matériau isolant à adsorber de l'eau sur sa surface

[CEI 60664-5:2007, 3.1]

3.51**tension de tenue**

tension à laquelle doit être soumise une éprouvette dans des conditions d'essai prescrites et qui ne produit pas de claquage ou de contournement d'une éprouvette satisfaisante

(VEI 212-01-31)

[CEI 60664-1:2007, 3.8]

3.52**tension locale**

valeur efficace la plus élevée de la tension en courant alternatif ou continu qui peut apparaître à travers n'importe quelle isolation lorsqu'un matériel est alimenté sous la tension assignée

NOTE 1 Les surtensions transitoires sont négligées.

NOTE 2 Il est tenu compte à la fois des conditions à vide et des conditions normales de fonctionnement.

[CEI 60664-1:2007, 3.5]

4 Principes et application pratique de la série CEI 60664 pour le dimensionnement d'isolement du matériel BT

4.1 Principes de base

La coordination de l'isolement implique de choisir les caractéristiques d'isolement électrique du matériel en fonction de son application et de son environnement.

La coordination de l'isolement peut uniquement être obtenue si la conception du matériel repose sur les contraintes auxquelles il est susceptible d'être soumis pendant sa durée de vie prévue (en matière de tension et de conditions micro-environnementales).

Concernant la tension, il est nécessaire de tenir compte

- des tensions qui peuvent apparaître dans le réseau d'alimentation à basse tension, notamment la tension de fonctionnement (valeur efficace et crête), la surtension temporaire (crête) et les tensions de choc (crête),
- des tensions générées par le matériel (susceptibles d'avoir un effet négatif sur les autres matériels du réseau d'alimentation à basse tension),
- de la fréquence de la tension en régime permanent. Pour les fréquences inférieures ou égales à 30 kHz, la CEI 60664-1 est suffisante; au-dessus de 30 kHz, la CEI 60664-4 doit être également prise en compte,
- du degré de continuité du service souhaité;
- de la sécurité des personnes et des biens, de sorte que la probabilité d'incidents imprévus dus à des contraintes de tension n'engendre pas de risques inacceptables de dommage.

La coordination de l'isolement s'applique au matériel connecté à des réseaux publics à basse tension. Toutefois, il est recommandé d'utiliser les mêmes principes pour tous les autres réseaux à basse tension qui ne sont pas connectés au réseau public à basse tension. Dans certains cas, cependant, d'autres catégories de surtension et temporairement des surtensions peuvent être applicables pour ce type de matériel.

NOTE Il convient que les comités d'études utilisant la série CEI 60664 déterminent la tension de choc maximale appropriée susceptible de se produire dans leur application. Cela comprend la nature de la source, la distribution de la source, l'emplacement physique (intérieur/extérieur) et la longueur des câbles, etc. Une attention particulière est apportée au fait que la tension de tenue aux chocs se produisant sur les réseaux secondaires ne dépend pas nécessairement de la tension. Pour certaines applications, il convient que les comités d'études prennent en compte une tension de tenue aux chocs minimale indépendante de la tension.

La coordination de l'isolement s'applique également aux zones particulièrement protégées (celles décrites dans la CEI 60079, par exemple). Dans ces cas, des exigences supplémentaires s'appliquent, en particulier concernant la spécification de la catégorie de surtension et des conditions environnementales.

4.2 Coordination des catégories de surtension à l'intérieur du matériel

Pour les matériels directement alimentés par le réseau électrique, la coordination suivante par rapport aux surtensions transitoires provenant du réseau électrique est utilisée:

- pour les circuits directement alimentés par le réseau électrique, la catégorie de surtension du matériel est utilisée pour le dimensionnement;
- les circuits alimentés depuis le secondaire d'un transformateur d'isolement dans lequel l'enroulement secondaire est mis à la terre, ou d'un transformateur utilisant un écran relié à la terre placé entre le primaire et le secondaire, ne sont pas considérés comme étant directement alimentés par le réseau électrique, et une tension de tenue aux chocs s'applique, un cran plus bas dans la série préférentielle de tension assignée de tenue aux chocs de 4.2.3 de la CEI 60664-1:2007.

NOTE 1 Un cran peut être considéré dans les chiffres des catégories de surtension ou selon les catégories citées dans le Tableau F.1 de la CEI 60664-1:2007.

NOTE 2 Le rapport de transfert du transformateur n'est pas pris en compte dans le choix de la catégorie de surtension.

Si des parafoudres sont utilisés pour appliquer une catégorie de surtension plus faible à un circuit n'étant pas directement alimenté par le réseau électrique, mais à l'intérieur du matériel, il est nécessaire de vérifier les bonnes performances de ce type de circuit grâce à un essai approprié utilisant un générateur hybride doté d'une impédance virtuelle de 2Ω .

NOTE 3 Le bon fonctionnement du parafoudre dépend de l'impédance série à l'intérieur du circuit concerné. Par conséquent, il est obligatoire de procéder à l'essai du parafoudre dans le circuit concerné.

4.3 Utilisation pratique de la série CEI 60664 pour le dimensionnement des distances d'isolement dans l'air

4.3.1 Généralités

Toutes les valeurs de la CEI 60664-1 ou de la CEI 60664-5 sont des valeurs minimales. Il est nécessaire de les conserver durant toute la durée de vie du matériel, en tenant compte des tolérances de fabrication. De plus, il est nécessaire de considérer des situations particulières telles que l'assemblage sur site des matériels volumineux (câblage ou enveloppe conductrice de protection monté sur site, par exemple) quant aux tolérances requises.

NOTE 1 Lors du dimensionnement des distances d'isolement par rapport aux surfaces accessibles du matériau isolant, ces surfaces sont supposées couvertes par un feuillet métallique. Les comités d'études peuvent donner plus de détails.

Pour les distances d'isolement comprises entre les valeurs des cas A et B conformément à la CEI 60664-1, un essai de tension est requis dans tous les cas afin de vérifier l'absence de contournement sur la distance d'isolement. Si l'essai est réalisé avec une tension de choc dans l'ensemble du matériel, une très faible impédance du générateur peut être demandée. A ce titre, un générateur hybride présentant une impédance virtuelle de 2Ω peut être approprié. Toutefois, dans tous les cas, une mesure de la tension d'essai correcte directement au niveau de la distance d'isolement est requise.

NOTE 2 Il est recommandé d'appliquer le cas A lors de la conception. Si cela s'avère impossible, il est nécessaire de procéder à un essai d'impulsion.

NOTE 3 Dans la pratique, certaines conceptions peuvent se trouver dans une situation intermédiaire des cas A et B, auquel cas, il convient que les comités d'études portent attention au 6.1.2.2.1.2 de la CEI 60664-1:2007.

NOTE 4 Le cas A est le plus défavorable, le champ électrique n'étant absolument pas homogène entre une aiguille pointue et une surface plane. Le cas B est le plus favorable, le champ électrique étant totalement homogène entre deux surfaces planes. Ce cas ne peut jamais être obtenu dans la réalité.

4.3.2 Utilisation pratique de la CEI 60664-1:2007, Tableaux F.2 et F.7, pour le dimensionnement des distances d'isolement

4.3.2.1 Généralités

Les distances d'isolement sont dimensionnées afin de supporter la tension de tenue aux chocs requise:

- en demandant des dimensions qui ne sont pas inférieures à celles du cas A; ou
- en demandant une vérification par un essai d'impulsion (voir 6.1.2.2.1.2 de la CEI 60664-1:2007).

Les distances d'isolement des isolations principale et supplémentaire sont dimensionnées comme indiqué dans le Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007, correspondant à:

- la tension assignée de tenue aux chocs, conformément à 4.3.3.3 de la CEI 60664-1:2007 ou à 4.3.3.4.1 de la CEI 60664-1:2007; ou
- les exigences en matière de tension de tenue aux chocs conformément à 4.3.3.4.2 de la CEI 60664-1:2007.

Les distances d'isolement de l'isolation renforcée sont dimensionnées comme indiqué dans le Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007 correspondant à la tension assignée de tenue aux chocs, mais un cran plus haut dans la série préférentielle de valeurs indiquées en 4.2.3 de la CEI 60664-1:2007 que celles spécifiées pour l'isolation principale.

Si la tension de tenue aux chocs requise pour l'isolement principal conformément à 4.3.3.4.2 de la CEI 60664-1:2007 est différente de la valeur prélevée dans la série préférentielle, l'isolation renforcée est dimensionnée de manière à supporter 160 % de la tension de tenue aux chocs requise pour l'isolement principal.

NOTE 1 La tension assignée de tenue aux chocs indiquée dans le Tableau F.1 de la CEI 60664-1:2007 dépend de la catégorie de surtension appropriée. La catégorie de surtension I ne s'applique pas à un circuit directement alimenté par le réseau électrique.

NOTE 2 Dans le cas d'une tension continue, la tension assignée de tenue aux chocs peut également être choisie dans le Tableau F.1 de la CEI 60664-1:2007. Pour les réseaux en courant alternatif, la catégorie de surtension peut être choisie selon les mêmes règles par les comités d'études.

Pour les matériels directement connectés à l'alimentation principale, la tension de tenue aux chocs requise est la tension assignée de tenue aux chocs établie sur la base de 4.3.3.3 de la CEI 60664-1:2007. Les distances d'isolement sont dimensionnées conformément à la CEI 60664-1:2007 Tableau F.7a de manière à supporter la valeur de crête de la tension en régime permanent (courant continu ou 50/60 Hz), la surtension temporaire ou la tension de crête répétitive. Le dimensionnement conforme au Tableau F.7 est comparé à celui du Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007, en tenant compte du degré de pollution. La distance d'isolement la plus importante est sélectionnée.

NOTE 3 Cependant, il est recommandé d'introduire une marge de sécurité pour le dimensionnement selon le Tableau F.7 de la CEI 60664-1:2007 puisque ce tableau fournit un dimensionnement minimal par rapport aux tensions permanentes.

Il est recommandé aux comités d'études de tenir compte des conséquences d'un contournement dans un réseau à basse tension en courant continu afin de décider s'il est nécessaire d'introduire des mesures de sécurité appropriées.

NOTE 4 Un matériel directement alimenté par le réseau électrique peut être fixé et directement connecté au réseau électrique ou connecté normalement et alimenté par le réseau électrique grâce à une prise de courant.

NOTE 5 L'exemple suivant, applicable à la plupart des matériels utilisés dans une installation électrique directement connectée à un réseau triphasé 230/400 V, montre que la tension assignée de tenue aux chocs indiquée dans le Tableau F.1 de la CEI 60664-1:2007 est la surtension la plus élevée que le matériel est censé supporter, et qu'elle donne lieu à un dimensionnement approprié des distances de l'isolation principale.

- EXEMPLE: Un matériel monophasé, présentant une tension assignée de 250 V, directement connecté au réseau électrique, 230 V entre phase et neutre, de catégorie de surtension III, doit supporter une tension

assignée de tenue aux chocs de 4 kV conformément au Tableau F.1 de la CEI 60664-1:2007. Par conséquent, les distances d'isolement doivent être de 3 mm conformément au Tableau F.2, Cas A, de la CEI 60664-1:2007.

- Les valeurs de la tension de crête de la tension en régime permanent et des tensions de crête répétitives de cet exemple particulier sont identiques, il s'agit de la tension de crête du réseau électrique: 353 V. Il convient par conséquent que la distance d'isolement soit de 0,013 mm de long, conformément au Tableau F.7, Cas A, de la CEI 60664-1:2007.
- La surtension temporaire est donnée en 5.3.3.2.3 de la CEI 60664-1:2007 pour les surtensions temporaires de courte durée, comme suit: $U_n + 1\ 200\ V$. La tension de crête est donc de 2,050 kV et donne une distance d'isolement de 1,27 mm de long conformément au Tableau F.7, Cas A, de la CEI 60664-1:2007.
- La longueur de la distance d'isolement de l'isolation principale est donc dimensionnée en fonction de la tension assignée de tenue aux chocs.

Le degré de pollution n'a pas une influence importante sur le dimensionnement des distances d'isolement. Le Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007 montre que, au-dessus d'une certaine valeur minimale, les mêmes distances sont données pour les distances d'isolement, quel que soit le degré de pollution choisi. Toutefois, le degré de pollution ne peut pas être ignoré pour les petites distances d'isolement, où la pollution (particules solides, poussière et condensation, par exemple) peut court-circuiter l'entrefer.

NOTE 6 Plus de détails relatifs au dimensionnement des distances d'isolement inférieures à 2 mm sont donnés dans la CEI 60664-5, qui tient compte de l'humidité. Voir les exemples de l'Article 7 du présent guide d'application.

Eu égard aux tensions en régime permanent, aux tensions de crête répétitives et aux surtensions temporaires, les distances d'isolement de l'isolation renforcée sont dimensionnées comme indiqué dans le Tableau F.7a de la CEI 60664-1:2007 pour supporter 160 % de la tension de tenue requise pour l'isolation principale.

NOTE 7 Il convient de noter que la distance d'isolement de l'isolation renforcée étant dimensionnée par rapport à 160 % de la surtension temporaire pour les isolations principale et supplémentaire, la tension d'essai permettant de vérifier la distance d'isolement de l'isolation renforcée est égale à deux fois celle permettant de vérifier les isolations principale et supplémentaire.

4.3.2.2 Conception prévue pour une utilisation à plus de 2 000 m d'altitude

Le dimensionnement des distances d'isolement permet de choisir une distance dans l'air capable de supporter la tension de crête maximale sur l'entrefer entre deux parties à des tensions différentes. Selon la loi de Paschen, le comportement de l'air pour supporter une valeur crête maximale est lié à la pression atmosphérique. Les Tableaux F.2 et F.7 de la CEI 60664-1:2007 ont été élaborés jusqu'à 2 000 m. Des facteurs de correction d'altitudes supérieures à 2 000 m sont donnés au Tableau A.2 de la CEI 60664-1:2007. Si ces facteurs de correction d'altitudes supérieures à 2 000 m sont appliqués pour déterminer les distances d'isolement, la tension utilisée dans l'essai de tension de choc est alors corrigée en conséquence. Par conséquent, la tension utilisée dans l'essai de tension de choc est obtenue par l'interpolation du Tableau A.2 de la CEI 60664-1:2007 et par l'application des formules indiquées en 6.1.2.2.1.3 de la CEI 60664-1:2007.

4.3.3 Utilisation pratique des Tableaux 2 et 3 de la CEI 60664-5:2007 pour le dimensionnement des distances d'isolement

Pour les distances d'isolement exigeant des distances inférieures ou égales à 2 mm pour l'isolation principale, le dimensionnement indiqué dans la CEI 60664-5 est plus précis que celui de la CEI 60664-1. Toutefois, si la précision de la CEI 60664-5 n'est pas obligatoire, celle de la CEI 60664-1 peut être appliquée à la place.

Un contournement pouvant apparaître à travers une distance d'isolement est induit par la valeur de crête de la tension maximale qui la traverse. Il s'agit donc de choisir la valeur de crête de la tension maximale susceptible d'apparaître au travers de la distance d'isolement dans les conditions nominales conformément à la déclaration du fabricant. La tension de choc requise pour les circuits directement alimentés par le réseau basse tension peut être directement obtenue dans le Tableau F.1 de la CEI 60664-1:2007.

Le degré de pollution doit être choisi en fonction de l'utilisation normale du matériel dans le macro-environnement.

L'humidité est un paramètre d'influence pour les degrés de pollution. Pour les distances inférieures ou égales à 2 mm, la CEI 60664-5 traite de l'humidité qui conduit à une conductivité et éventuellement à un contournement. Cet aspect est pris en compte au 4.4.3 du présent guide d'application lors du dimensionnement des lignes de fuite par rapport au contournement, conformément au Tableau 5 de la CEI 60664-5:2007.

NOTE 1 Une relation entre les niveaux d'humidité et l'humidité relative du micro-environnement est donnée dans le Tableau 1 de la CEI 60664-5:2007.

Le dimensionnement de la distance d'isolement en fonction des surtensions transitoires est spécifié au Tableau 2 de la CEI 60664-5:2007. Les distances d'isolement minimales du Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007 quant aux degrés de pollution 2, 3 (et 4) ont été supprimées. Le dimensionnement plus précis décrit en 4.4.3 du présent guide d'application par rapport au contournement possible de la ligne de fuite parallèle (voir Tableau 5 de la CEI 60664-5:2007) est utilisé à la place des distances d'isolement minimales.

Pour le dimensionnement des distances d'isolement par rapport aux tensions en régime permanent, le fabricant évalue la valeur de crête maximale de la tension en régime permanent, de la surtension temporaire ou de la tension de crête répétitive, puis choisit la valeur appropriée dans le Tableau 3 de la CEI 60664-5:2007.

NOTE 2 Les considérations de Cas A et B du Tableau F.2 de 5.1.3 de la CEI 60664-1:2007 et du Tableau 2 de la CEI 60664-5:2007 s'appliquent également à ce tableau.

NOTE 3 Toutefois, il est recommandé d'introduire une marge de sécurité pour le dimensionnement selon le Tableau 3 de la CEI 60664-5:2007, puisque ce tableau fournit un dimensionnement minimal par rapport aux tensions permanentes.

Cette valeur est comparée à celle obtenue par le mode opératoire applicable du Tableau 2 de la CEI 60664-5:2007.

4.4 Utilisation pratique de la série CEI 60664 pour le dimensionnement des lignes de fuite

4.4.1 Généralités

Les valeurs de dimensionnement indiquées dans la CEI 60664-1 ne tiennent pas compte des aspects liés à la résistance d'isolement minimale. Par conséquent, dans les matériels électroniques en particulier, et pour des raisons fonctionnelles, il peut être demandé d'utiliser un dimensionnement plus important ou d'améliorer le micro-environnement au niveau de la ligne de fuite. Des informations de dimensionnement relatives à la résistance d'isolement minimale sont données aux Tableaux A.1 et A.2 de la CEI 60664-5:2007.

Dans le cas des lignes de fuite sur les matériaux pour circuit imprimé uniquement utilisés avec les degrés de pollution 1 et 2, un dimensionnement réduit est applicable conformément à la CEI 60664-1. L'attention est attirée sur la réduction ou d'autres cheminements possibles des lignes de fuite en raison des composants.

Le dimensionnement des lignes de fuite conformément à la CEI 60664-5 par rapport au cheminement et au contournement le long de la surface du matériau pour des distances inférieures ou égales à 2 mm peut se traduire par une réduction des distances.

4.4.2 Utilisation pratique du Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007 et du Tableau 4 de la CEI 60664-5:2007 pour le dimensionnement des lignes de fuite

En règle générale, la pollution sèche à la surface d'un matériau est supposée non-conductrice. Toutefois, la présence d'eau à la surface du matériau modifie la conductivité de la pollution. Une conductivité plus élevée permet au courant de circuler à la surface des matériaux entre les parties actives ou entre les parties actives et la terre. Ces courants sont appelés courants de cheminement. Au cours du séchage, le courant de cheminement va être

interrompu, ce qui va provoquer une scintillation de surface dont la température élevée (autour de 1 200 °C) est à l'origine de la dégradation de la surface du matériau isolant. Ce phénomène entraîne le cheminement.

NOTE Il est évident que le degré de pollution 4 ne peut pas être utilisé pour le dimensionnement des lignes de fuite, la surface étant continuellement conductrice.

Certains matériaux (la céramique ou le verre, par exemple) ne sont pas sujets au cheminement, car la scintillation ne peut interrompre les liaisons chimiques à la surface du matériau. L'expérience a montré que les matériaux présentant de meilleures performances relatives ont également à peu près le même classement relatif d'après l'indice de résistance au cheminement (IRC). L'IRC peut être mesuré avec la méthode donnée dans la CEI 60112.

Pour des raisons pratiques, la CEI 60664-1 présente quatre groupes de matériau:

- groupe de matériau I: $600 \leq \text{IRC}$;
- groupe de matériau II: $400 \leq \text{IRC} < 600$;
- groupe de matériau IIIa: $175 \leq \text{IRC} < 400$;
- groupe de matériau IIIb: $100 \leq \text{IRC} < 175$.

Dans l'explication ci-dessus, le Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007 peut être utilisé comme suit:

- première étape: choisir le degré de pollution le plus approprié en fonction de l'utilisation normale du matériel;
- deuxième étape: choisir un matériau isolant et l'attribuer à un groupe de matériaux en fonction de son IRC;
- troisième étape: évaluer la valeur la plus élevée de la tension efficace de longue durée à travers la ligne de fuite. Il peut s'agir de la tension locale ou de la tension assignée la plus élevée si le matériel présente plusieurs tensions assignées. Dans le cas de la tension assignée en courant continu, la tension efficace assignée équivalente est choisie dans le Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007;
- quatrième étape: lire la valeur donnée au croisement de la colonne et de la ligne choisie.

A ce stade, deux cas doivent être considérés. La ligne de fuite est soit supérieure soit inférieure à la distance d'isolement associée.

- Si la ligne de fuite est supérieure à la distance d'isolement associée, aucun essai supplémentaire n'est nécessaire;
- Si la ligne de fuite est inférieure à la distance d'isolement requise et que le champ se trouve entre un cas homogène et hétérogène (entre le Cas A et B des Tableaux F.2 et F.7 de la CEI 60664-1:2007), la distance d'isolement associée est soumise à essai conformément au 6.1.2 de la CEI 60664-1:2007 afin de vérifier l'absence de contournement sur la distance d'isolement associée (voir 5.2.2.6 de la CEI 60664-1:2007). Cela peut être expliqué comme suit: si le champ électrique est homogène (Cas B), les Tableaux F.2 et F.7 de la CEI 60664-1:2007 donnent la distance d'isolement la plus courte capable de supporter la tension spécifiée. Par conséquent, il n'est pas possible de réduire la ligne de fuite à une valeur inférieure à celle de la distance d'isolement relevée dans les Tableaux F.2 et F.7 de la CEI 60664-1:2007. Toutefois, dans la pratique, le champ électrique n'est généralement pas homogène, mais pas aussi peu que celui décrit pour le Cas A des Tableaux F.2 et F.7 de la CEI 60664-1:2007. Il est donc possible que les conditions réelles de champ électrique sur la distance d'isolement associée à la ligne de fuite permettent à l'équipement en essai de supporter la contrainte de tension maximale. Cela doit être vérifié par un essai de tension de choc.

4.4.3 Utilisation pratique du Tableau 5 de la CEI 60664-5:2007 pour le dimensionnement des lignes de fuite

En présence d'humidité, un phénomène lié à la surface, appelé absorption d'eau, peut piéger l'eau à la surface des matériaux isolants et engendrer un risque plus important de contournement. Les matériaux isolants peuvent être classés en fonction de leur aptitude à

absorber l'eau. Un essai présenté dans l'Annexe B de la CEI 60664-5:2007 permet de classer les matériaux isolants en fonction de l'absorption d'eau. Les matériaux sont classés en quatre groupes d'absorption d'eau.

La présence d'eau à la surface des matériaux dépend du groupe d'absorption d'eau et du taux hygrométrique (HL). Le risque de contournement le long de la ligne de fuite à la surface du matériau isolant augmente avec le taux hygrométrique et avec l'aptitude du matériau isolant à piéger l'eau.

Pour HL1, les exigences de dimensionnement des distances d'isolement conformément aux Tableaux 2 et 3 de la CEI 60664-5:2007 s'appliquent, car l'influence de l'eau n'augmente pas de manière significative le risque de contournement.

Pour les taux hygrométriques HL2 et HL3, le Tableau 5 de la CEI 60664-5:2007 présente le dimensionnement des lignes de fuite en fonction du groupe d'absorption d'eau afin d'éviter le contournement. Étant donné que le contournement le long de la surface a lieu dans l'air, le Tableau 5 de la CEI 60664-5:2007 est valable pour les altitudes pouvant atteindre 2 000 m au-dessus du niveau de la mer. Au-dessus de 2 000 m, le facteur de correction d'altitude donné dans la CEI 60664-1 est utilisé.

La ligne de fuite est la valeur supérieure issue des Tableaux 4 et 5 de la CEI 60664-5:2007. Dans tous les cas, il est évident que dans les conditions de champ homogène, la ligne de fuite ne peut pas être inférieure à la distance d'isolement associée. Dans les conditions de champ non homogène, une ligne de fuite inférieure à la distance d'isolement associée requise dans le Tableau 2 de la CEI 60664-5:2007 peut uniquement être utilisée dans HL1 et HL2.

Ce type de dimensionnement doit être vérifié par un essai de tension d'impulsion.

NOTE Dans le cas d'une tension continue, la valeur de crête choisie dans le Tableau 5 de la CEI 60664-5:2007 est la tension continue maximale à travers la ligne de fuite.

4.4.4 Utilisation pratique de la CEI 60664-1:2007 pour vérifier le dimensionnement des lignes de fuite en fonction de la durée d'application de la contrainte de tension

Les lignes de fuite indiquées dans le Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007 ont été déterminées pour une isolation destinée à être soumise à une contrainte de tension continue de longue durée.

NOTE 1 Les comités d'études concernés par les matériels dont l'isolation est soumise à des contraintes de tension de courte durée peuvent envisager de permettre l'utilisation de lignes de fuite plus courtes que celles spécifiées dans le Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007.

Les lignes de fuite des isolations principale et supplémentaire sont sélectionnées dans le Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007 pour:

- les tensions rationalisées données dans les colonnes 2 et 3 du Tableau F.3a de la CEI 60664-1:2007 et les colonnes 2, 3 et 4 du Tableau F.3b de la CEI 60664-1:2007, correspondant à la tension nominale du réseau d'alimentation basse tension;
- la tension assignée d'isolement conformément à 4.3.2.2.1 de la CEI 60664-1:2007;
- la tension spécifiée en 4.3.2.2.2 de la CEI 60664-1:2007.

NOTE 2 Pour l'isolation supplémentaire, le degré de pollution, le matériau isolant, les contraintes mécaniques et les conditions d'environnement d'utilisation peuvent être différents de ceux de l'isolation principale.

Les lignes de fuite de l'isolation renforcée sont égales à deux fois la ligne de fuite de l'isolation principale issue du Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007.

4.4.5 Utilisation pratique de la CEI 60664-3:2003 pour la réduction des conditions micro-environnementales pour le dimensionnement des lignes de fuite

Le dimensionnement des espacements entre les conducteurs dépend des conditions environnementales. Concernant le cheminement, le choix du degré de pollution est lié aux conditions macro-environnementales.

Le macro-environnement influence le micro-environnement à la surface du matériau isolant. Sans mesure de protection, les conditions micro-environnementales sont identiques à celles du macro-environnement.

Il est possible d'améliorer les conditions micro-environnementales sur la surface d'isolement à l'aide d'un revêtement, d'un enrobage ou d'un moulage (voir la CEI 60664-3). Cette protection assure une condition micro-environnementale plus favorable permettant de réduire les distances d'isolement et les lignes de fuite.

NOTE 1 La CEI 60664-3 porte essentiellement sur l'évaluation et les essais d'utilisation de revêtement sur des cartes de circuit imprimé. La norme couvre également l'évaluation et les essais lorsque la protection est réalisée au moyen d'un enrobage ou d'un moulage. Dans le dernier cas, il convient que les comités d'études considèrent avec attention la pertinence des modes opératoires de vérification et d'essai décrits dans la CEI 60664-3. Il peut s'avérer judicieux d'apporter des modifications aux modes opératoires de vérification et d'essai pour refléter l'application spécifique.

La CEI 60664-3 présente les exigences et modes opératoires d'essai de deux méthodes de protection applicables à tous les types de cartes imprimées protégées, y compris la surface des couches intérieures des cartes multi-couches, des substrats et des assemblages protégés de manière analogue.

Les deux types de protection sont les suivants:

La protection de Type 1 permet d'améliorer le micro-environnement des parties protégées. Le dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite protégées satisfait aux exigences de distance de la CEI 60664-1 ou de la CEI 60664-5 pour le degré de pollution 1. Entre deux parties conductrices, une exigence demande que l'une ou les deux parties conductrices et tous les espacements qui les séparent soient protégés.

La protection de Type 2 est considérée comme similaire à une isolation solide. Sous cette protection, les exigences d'isolation solide spécifiées dans la CEI 60664-1 s'appliquent et les espacements ne sont pas inférieurs à ceux spécifiés dans le Tableau 1 de la CEI 60664-3:2003. Les exigences liées aux distances d'isolement et aux lignes de fuite de la CEI 60664-1 ou de la CEI 60664-5 ne s'appliquent pas. Entre deux parties conductrices, il est exigé que ces deux parties, ainsi que tous les espacements entre elles, soient couvertes par cette protection afin qu'il n'existe aucun espace libre entre le matériau de protection, les parties conductrices et la carte imprimée.

NOTE 2 Au-dessus de 30 kHz, les exigences supplémentaires de la CEI 60664-4 concernant l'isolation solide s'appliquent pour la protection de Type 2.

4.5 Utilisation pratique de la série CEI 60664 pour le dimensionnement de l'isolation solide

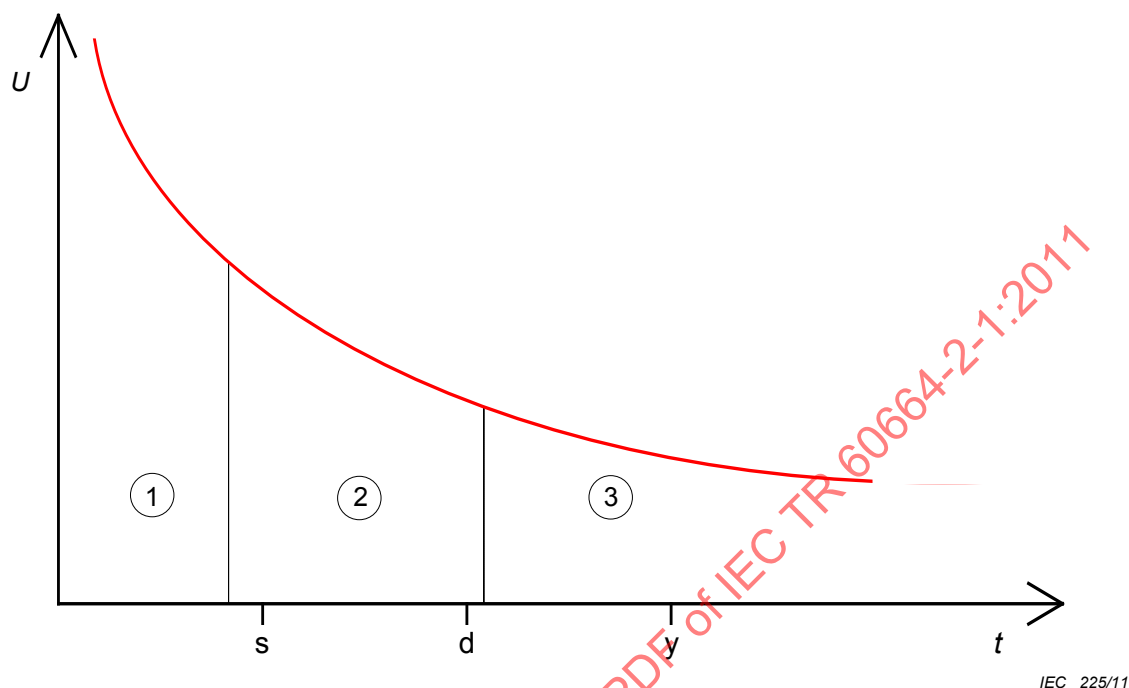
4.5.1 Généralités

Parfois, l'isolation solide est conçue en fonction de données de claquage fournies par les fabricants du matériau isolant. En cas d'utilisation de ce type de données, il ne faut pas oublier qu'elles ont été obtenues dans des conditions particulières plutôt favorables:

- en règle générale, une distribution homogène du champ a été fournie;
- en règle générale, une température ambiante a été appliquée pendant l'essai;
- en règle générale, un essai de courte durée a été réalisé;

- dans la plupart des cas, une tension continue a été utilisée pendant l'essai.

L'influence générale de la durée d'essai sur la tension de claquage est présentée dans la Figure 1. L'échelle de temps s'applique à la tension de fréquence industrielle.



Légende

s secondes; d jours; y années; t temps; U tension

page 1 claquage électrique

page 2 claquage provoqué par une chaleur excessive

page 3 claquage provoqué par le vieillissement (c'est-à-dire des décharges partielles)

Figure 1 – Tension de claquage de l'isolation solide en fonction de la durée de la contrainte de tension

Comparées aux conditions du matériel réel, ces données peuvent s'écarter par ordres de grandeur de la capacité de tenue à long terme de ce type d'isolation. Par conséquent, ces données ne peuvent pas être utilisées directement pour le dimensionnement de l'isolation solide.

Eu égard à la coordination de l'isolation décrite dans la CEI 60664-1, en règle générale, la conception de l'isolation solide en matière d'épaisseur et d'intensité de champ de claquage appropriée est uniquement possible si:

- la distribution du champ est homogène et si le système d'isolation ne présente aucun vide ni espace libre (voir CEI 60664-4 pour les contraintes de tension à hautes fréquences) ou
- l'intensité de champ est assez basse pour qu'aucune décharge partielle ne se produise.

4.5.2 Coordination des distances d'isolement et de l'isolation solide

Dans la plupart des cas, les distances d'isolement et l'isolation solide sont contraintes par la même tension. Dans un tel cas, il convient que le dimensionnement tienne compte du fait que, à l'inverse de l'isolation solide, les distances d'isolement sont auto-génératrices. Par conséquent, il convient que la capacité de tenue des distances d'isolement soit inférieure à celle de l'isolation solide, de sorte que la distance d'isolement fasse l'objet d'un claquage avant d'endommager l'isolation solide.

4.5.3 Informations pratiques relatives à la vérification du dimensionnement de l'isolation solide

4.5.3.1 Dimensionnement en fonction de l'intensité de champ de claquage

En principe, le dimensionnement de l'isolation solide peut reposer sur les données d'intensité de champ de claquage. Toutefois, cela implique de connaître ce type de données pour les conditions d'utilisation pratique, c'est-à-dire la contrainte de tension à long terme et l'influence supplémentaire des effets aggravants (l'augmentation de la température ambiante, l'humidité et la contrainte mécanique, par exemple). Même si ces données sont disponibles, de simples règles de dimensionnement peuvent uniquement être établies, si la distribution du champ à l'intérieur de l'isolation solide est pratiquement homogène, sinon, l'intensité de champ à l'intérieur de l'isolation solide ne peut pas être calculée.

EXEMPLE:

$E_{\text{crête}}$ intensité de champ de claquage de l'isolation solide (valeur de crête): 45 kV/mm; (spécifiée par le fabricant du matériau isolant);

d épaisseur de l'isolation solide: 0,1 mm;

$U_{\text{crête}}$ contrainte de tension maximale (valeur de crête): 4,5 kV.

Toutefois, en présence d'espaces libres dans l'isolation solide, ce mode opératoire peut être très trompeur dans la pratique (voir 4.5.3.4.2).

En effet, cela est dû à la distribution non homogène de la tension dans ce type de système d'isolation et de la faible capacité de tenue de l'air, comparé à celle de l'isolation solide (voir 4.5.3.4.2, et le cas b) en particulier).

4.5.3.2 Dimensionnement conformément à l'essai

Si l'intensité de champ de claquage de l'isolation solide n'est pas connue pour les conditions d'utilisation prévue et/ou si la distribution du champ à l'intérieur de l'isolation solide n'est pas connue, les performances correctes de l'isolation solide peuvent uniquement être démontrées par un essai approprié conformément à 6.1.3 de la CEI 60664-1:2007. Cela implique également un conditionnement correct conformément à 6.1.3.2 de la CEI 60664-1:2007.

Les essais suivants peuvent être applicables:

- a) L'essai de tension de tenue aux chocs (voir 6.1.3.3 de la CEI 60664-1:2007) afin de vérifier la capacité de l'isolation solide à supporter la tension assignée de tenue aux chocs (voir 5.3.3.2.2 de la CEI 60664-1:2007).
- b) L'essai de tension alternative (voir 6.1.3.4 de la CEI 60664-1:2007) afin de vérifier la capacité de l'isolation solide à supporter la valeur de tension la plus élevée parmi les suivantes:
 - la surtension temporaire de courte durée (voir 5.3.3.2.3 de la CEI 60664-1:2007);
 - la tension en régime permanent la plus élevée;
 - la tension de crête répétitive (voir 5.3.3.2.4 de la CEI 60664-1:2007).

Si la valeur de crête de la tension d'essai alternative est supérieure ou égale à la tension assignée de tenue aux chocs, l'essai de tension alternative couvre également l'essai de tension de choc.

L'isolation solide présente différentes caractéristiques de tenue par rapport aux distances d'isolement si la durée de la contrainte est augmentée. En règle générale, la capacité de tenue diminue de manière significative. Par conséquent, l'essai de tension alternative, préconisé pour vérifier la capacité de tenue de l'isolation solide, ne peut pas être remplacé par un essai de tension de choc.

- c) L'essai de décharge partielle (voir 6.1.3.5 de la CEI 60664-1:2007) afin de vérifier que l'isolation solide ne fait l'objet d'aucune décharge partielle:
 - à la tension en régime permanent la plus élevée;

- à la surtension temporaire de longue durée (voir 5.3.3.2.3 de la CEI 60664-1:2007);
 - à la tension de crête répétitive (voir 5.3.3.2.4 de la CEI 60664-1:2007).
- d) L'essai de tension à haute fréquence (voir 6.1.3.7 de la CEI 60664-1) afin de vérifier l'absence de défaillance due au chauffage diélectrique conformément à 5.3.3.2.5 de la CEI 60664-1:2007.

Pour les matériels connectés à un réseau basse tension différent, les tensions d'essai ci-dessous s'appliquent si l'essai de décharge partielle et l'essai de tension à haute fréquence ne sont pas pris en compte pour des raisons de simplification.

Tableau 1 – Exemples pour les tensions assignées 100 V et 230 V et la catégorie de surtension II

Isolation (5.1.6 de la CEI 60664-1:2007)	Tension de choc (V) (6.1.3.3 de la CEI 60664-1:2007)		Pour couvrir l'essai de tension de choc		Pour la plus élevée des tensions mentionnées en 6.1.3.1 b) de la CEI 60664-1:2007	
			Tension alternative (V en valeur efficace) ^c		Tension alternative (V en valeur efficace) 6.1.3.4 de la CEI 60664-1:2007	
	Tension assignée		Durée	Durée	Tension assignée	
	100 V ^e	230 V			100 V	230 V
Principale et supplémentaire	800 (1 500)	2 500	^a	60 s ^d	1 300	1 430
Renforcée	1 500 (2 500)	4 000			2 600	2 860

^a Cinq chocs de chaque polarité à intervalle d'au moins 1 s entre les chocs.

^b Les tensions sont la surtension temporaire de courte durée, la tension en régime permanent la plus élevée et la tension de crête répétitive. Les valeurs des deux colonnes sont données pour la surtension temporaire de courte durée, qui est en principe l'exigence la plus sévère.

^c Les valeurs de crête de ces tensions sont égales à la tension assignée de tenue aux chocs.

^d La durée de l'essai peut être ramenée à 5 s si la surtension temporaire de courte durée ne constitue pas l'exigence la plus sévère.

^e Les valeurs entre parenthèses sont utilisées au Japon. Voir note de pied de page ⁵⁾ du Tableau F.1 de la CEI 60664-1:2007.

4.5.3.3 Montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide

4.5.3.3.1 Généralités

Trois cas peuvent être distingués.

Dans le premier cas, le montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide est une conséquence de la conception du produit. Dans ce cas, des distances d'isolement généralement importantes sont utilisées.

Dans le deuxième cas, le montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide est le résultat d'une conception particulière du système d'isolation (l'utilisation de plusieurs couches de matériau isolant en fines feuilles, par exemple).

Dans le troisième cas, le montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide est le résultat d'une fabrication imparfaite de l'isolation solide, notamment de l'interface avec les parties conductrices.

Dans les deux derniers cas, des espaces libres assez petits ou de petites bulles d'air sont connectées en série avec l'isolation solide. Dans les trois cas, il est nécessaire de calculer la

distribution de la tension dans les isolateurs connectés en série, conformément aux impédances appropriées.

Pour la tension continue, ces impédances sont déterminées par les résistances d'isolement. Étant donné que dans l'air, la résistance d'isolement est pratiquement infinie, l'impédance de l'espace libre est beaucoup plus élevée que celle de l'isolateur solide. Ainsi, pratiquement toute la tension continue est appliquée dans la distance d'isolement.

Pour la tension alternative, les impédances des isolateurs connectés en série sont déterminées par leurs capacités. En principe, pour des fréquences plutôt basses indiquées dans la CEI 60664-1, il n'est pas nécessaire de tenir compte des pertes diélectriques pour calculer la distribution de la tension. Par conséquent, l'influence de la permittivité de l'isolateur solide devient décisive pour la distribution de la tension.

Pour faciliter le calcul de la distribution de la tension capacitive, ces capacités sont considérées comme des condensateurs plaque à plaque avec une distribution homogène du champ. Cette situation est illustrée dans la Figure 2:

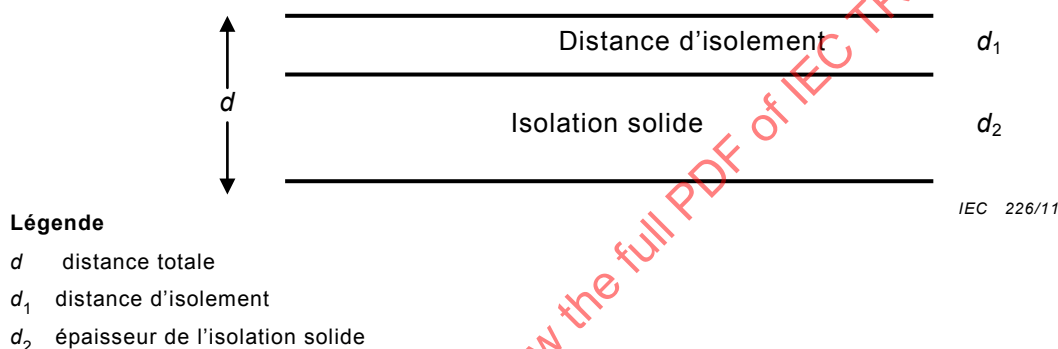
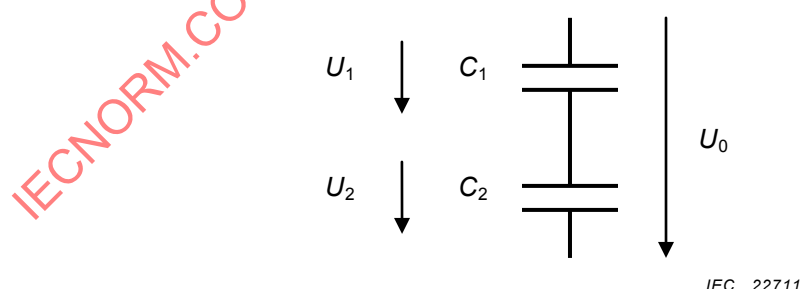


Figure 2 – Montage en série de la distance d'isolement et de l'isolation solide

C_1 et C_2 forment un diviseur de tension capacitif conformément à la Figure 3, et la tension alternative appliquée U_0 est divisée conformément aux Equations (2) et (3) en tensions U_1 et U_2 .



- Légende**
- U_0 tension alternative appliquée
 - C_1 capacité de la distance d'isolement
 - U_1 tension à travers la distance d'isolement
 - C_2 capacité de l'isolation solide
 - U_2 tension à travers l'isolation solide

Figure 3 – Diviseur de tension capacitif

$$U_0 = U_1 + U_2 \quad (1)$$

$$U_1 = U_0 \frac{C_2}{C_1 + C_2} \quad (2)$$

$$U_2 = U_0 \frac{C_1}{C_1 + C_2} \quad (3)$$

Les capacités C_1 et C_2 sont obtenues par les Equations (4) et (5) :

$$C_1 = \varepsilon_0 \frac{A}{d_1} \quad (4)$$

$$C_2 = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d_2} \quad (5)$$

où

A est la surface plaque à plaque des condensateurs C_1 et C_2 ;

ε_0 est la permittivité de l'air;

ε_r est la permittivité de l'isolation solide.

Pour la division de tension, le rapport de capacité donné dans l'Equation (6) est pertinent.

$$C_1 = C_2 \frac{d_2}{d_1} \frac{1}{\varepsilon_r} \quad (6)$$

L'intensité de champ de claquage de la distance d'isolement (E_1) peut être calculée en utilisant la tension de claquage alternative et la distance d'isolement correspondante du Tableau A.1 de la CEI 60664-1:2007. Pour simplifier, les exemples donnés dans ce guide d'application reposent sur des conditions de champ homogène. Il convient que le fabricant du matériau précise l'intensité de champ de claquage de l'isolation solide (E_2).

Il est beaucoup plus compliqué de calculer précisément la distribution de la tension, et les formules qui viennent d'être données peuvent uniquement être considérées comme une approximation tenant compte de la distribution homogène du champ. Pour les petites distances d'environ 0,1 mm, cette approximation est assez précise. Pour les distances plus importantes, elle n'est pas pertinente.

4.5.3.3.2 Montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide par conception

Les exemples suivants traitent du montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide à l'intérieur du matériel.

4.5.3.3.3 Montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide par conception pour la tension continue

Pour la tension continue précédemment mentionnée, pratiquement toute la tension est appliquée à travers la distance d'isolement. La distance d'isolement seule est donc conçue pour supporter la tension. En cas de contournement de la distance d'isolement, toute la tension est appliquée sur l'isolation solide.

Règle: Afin d'éviter toute détérioration de l'isolation solide dans cette situation, l'isolation solide est également conçue pour supporter toute la tension.

4.5.3.3.4 Montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide par conception pour la tension alternative

Pour la tension alternative, la distribution de la tension est calculée en fonction des capacités appropriées. Dans l'exemple suivant, les dimensions sont supposées conformes à la situation la plus probable, avec une distance d'isolement plutôt importante et une fine couche d'isolation solide en série.

EXEMPLE:

$$d_1 = 3 \text{ mm}, d_2 = 0,1 \text{ mm}$$

$$\epsilon_r = 4,5$$

L'application de l'Equation (6) donne: $C_1 = 0,007 \ 4 \ C_2$

L'application de l'Equation (2) donne: $U_1 = 0,993 \ U_0$

L'application de l'Equation (3) donne: $U_2 = 0,007 \ U_0$

Le résultat montre que pratiquement toute la tension est appliquée à travers la distance d'isolement. La distance d'isolement seule nécessite donc d'être dimensionnée pour supporter la tension. En cas de contournement de la distance d'isolement, toute la tension est appliquée sur l'isolation solide.

Règle: L'isolation solide est conçue pour supporter toute la tension afin d'éviter qu'elle ne soit détériorée dans cette situation.

4.5.3.4 Montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide provoquées par des espaces libres ou des bulles d'air

Les exemples suivants illustrent le montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide suite à la conception particulière du système d'isolation (l'utilisation de plusieurs couches de matériau isolant en fines feuilles, par exemple) et/ou à une fabrication imparfaite de l'isolation solide, notamment de l'interface avec les parties conductrices. Dans ces cas, des espaces libres assez petits ou de petites bulles d'air sont connectées en série avec l'isolation solide.

4.5.3.4.1 Montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide provoquées par des espaces libres ou des bulles d'air pour la tension continue

Pour la tension continue, les impédances appropriées sont déterminées par les résistances d'isolement. Étant donné que dans l'air, la résistance d'isolement est pratiquement infinie, l'impédance de l'espace libre est beaucoup plus élevée que celle de l'isolateur solide. Ainsi, pratiquement toute la tension continue est appliquée dans la distance d'isolement. Cela peut donner lieu à des décharges partielles dans la distance d'isolement, qui peuvent détériorer l'isolation solide voisine. Toutefois, la fréquence de répétition de ces décharges partielles est très faible, la durée de recharge étant élevée pour la tension appliquée à travers la distance d'isolement. Le potentiel de détérioration est donc plutôt faible, et le temps nécessaire pour aboutir à une défaillance plutôt long.

Compte tenu du faible taux de répétition, il est très difficile de réaliser un essai de décharge partielle pour la contrainte de tension continue.

4.5.3.4.2 Montage en série des distances d'isolement et de l'isolation solide provoquées par des espaces libres ou des bulles d'air pour la tension alternative

Pour la tension alternative, la distribution de la tension est calculée en fonction des capacités appropriées. Dans l'exemple suivant, les dimensions sont supposées conformes à la situation la plus probable, avec une distance d'isolement plutôt réduite et une couche d'isolation solide en série relativement épaisse.

L'exemple suivant donne une description plus réaliste de la situation que celle de l'exemple du 4.5.3.1.

EXEMPLE:

$$d = 0,1 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_r = 4,5$$

$$E_{2\text{crête}} = 45 \text{ kV/mm}$$

Cas a)

$$d_1 = 0,01 \text{ mm}, d_2 = 0,09 \text{ mm}$$

$$E_{1\text{crête}} = 33 \text{ kV/mm}$$

NOTE 1 Calculée, en prenant la valeur de crête appropriée de la tension de claquage alternative pour la distribution homogène du champ du Tableau A.1 dans la CEI 60664-1:2007 pour $d_1 = 0,01 \text{ mm}$.

L'application de l'Equation (6) donne: $C_1 = 2 C_2$

L'application de l'Equation (2) donne: $U_1 = 0,333 U_0$

L'application de l'Equation (3) donne: $U_2 = 0,666 U_0$

L'intensité de champ de claquage E_1 de la distance d'isolement est:

$$E_{1\text{crête}} = \frac{U_1}{d_1} = 0,333 \frac{U_{0\text{crête}}}{d_1} = 33 \frac{\text{kV}}{\text{mm}}$$

Par conséquent, le claquage de la distance d'isolement se produit à:

$$U_{0\text{crête}} = \frac{E_{1\text{crête}} d_1}{0,333} = 33 \frac{0,01}{0,333} \text{ kV} = 0,99 \text{ kV}$$

Il s'agit probablement de la tension de seuil de décharge partielle. Pour la contrainte de tension alternative, la fréquence de répétition des décharges partielles est au moins aussi élevée que la fréquence de la tension. Le potentiel de détérioration est donc beaucoup plus élevé que pour la tension continue, et une défaillance peut se produire sur des périodes de temps beaucoup plus courtes. Pour éviter les claquages, en aucun cas une valeur de crête de la tension en régime permanent supérieure à 0,99 kV ne doit se produire dans ce système d'isolation.

Selon l'exemple présenté en 4.5.3.1, de meilleures performances de l'isolation solide avec une valeur de crête de tension de claquage de 4,5 kV auraient été prévues.

En conclusion, il convient de vérifier que chaque conception de système d'isolation, y compris les espaces libres résultant de l'utilisation de plusieurs couches de matériau isolant en fines feuilles et/ou de la fabrication imparfaite de l'isolation solide, ne présente aucun risque de décharge partielle.

Cas b)

$$d_1 = 0,05 \text{ mm}, d_2 = 0,05 \text{ mm}$$

$$E_{1\text{crête}} = 11,2 \text{ kV/mm}$$

NOTE 2 Calculée, en prenant la valeur de crête appropriée de la tension de claquage alternative pour la distribution homogène du champ du Tableau A.1 dans la CEI 60664-1:2007 pour $d_1 = 0,05 \text{ mm}$.

L'application de l'Equation (6) donne: $C_1 = 0,222 C_2$

L'application de l'Equation (2) donne: $U_1 = 0,818 U_0$

L'application de l'Equation (3) donne: $U_2 = 0,182 U_0$

L'intensité de champ de claquage E_1 de la distance d'isolement est:

$$E_{1\text{crête}} = \frac{U_1}{d_1} = 0,818 \frac{U_{0\text{crête}}}{d_1} = 11,2 \frac{\text{kV}}{\text{mm}}$$

Par conséquent, le claquage de la distance d'isolement se produit à:

$$U_{0\text{crête}} = \frac{E_{1\text{crête}} d_1}{0,818} = 11,2 \frac{0,05}{0,818} \text{ kV} = 0,685 \text{ kV}$$

Il s'agit probablement de la tension de seuil de décharge partielle. Par conséquent, une valeur de crête de la tension en régime permanent supérieure à 0,685 kV ne doit en aucun cas se produire dans ce système d'isolation.

NOTE 3 Il convient que cette valeur de 685 V soit comparée à la valeur de 700 V donnée en 6.1.3.1 de la CEI 60664-1:2007 comme exigence pour l'essai de décharge partielle.

Selon l'exemple présenté en 4.5.3.1, de bien meilleures performances de l'isolation solide avec une valeur de crête de tension de claquage de 4,5 kV auraient été prévues. Cela montre que, en général, des espaces libres assez importants se traduisent par de très faibles performances de ce type d'isolation.

En conclusion, il convient de vérifier que chaque conception de système d'isolation, y compris les espaces libres résultant de l'utilisation de plusieurs couches de matériau isolant en fines feuilles et/ou de la fabrication imparfaite de l'isolation solide, ne présente aucun risque de décharge partielle.

4.6 Utilisation pratique de la série CEI 60664 pour la conception de l'isolation fonctionnelle

4.6.1 Généralités

Les distances d'isolement, lignes de fuites et exigences minimales relatives à l'isolation solide, qui sont spécifiées dans la série CEI 60664, s'appliquent également à l'isolation fonctionnelle. Pour des raisons fonctionnelles, des exigences supplémentaires peuvent être appliquées, en ce qui concerne la résistance d'isolement minimale, par exemple (voir l'Annexe A de la CEI 60664-5:2007).

Toutefois, les exigences de tension de tenue pour l'isolation fonctionnelle peuvent être différentes de celles requises pour l'isolation principale.

4.6.2 Dimensionnement et essai de l'isolation fonctionnelle par rapport à l'isolation principale

Les principes de dimensionnement de l'isolation fonctionnelle sont donnés en 4.1.

Dans le cas de la distance d'isolement d'une isolation fonctionnelle, la tension de tenue requise est la tension de choc maximale (voir le Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007), la tension en régime permanent (en référence au Tableau F.7 de la CEI 60664-1:2007) ou la tension de crête répétitive (voir le Tableau F.7 de la CEI 60664-1:2007) prévue, dans les

conditions assignées du matériel, en particulier la tension assignée et la tension assignée de tenue aux chocs.

Les lignes de fuite de l'isolation fonctionnelle sont dimensionnées comme indiqué au Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007, correspondant à la tension locale à travers la ligne de fuite considérée.

Si la CEI 60664-5 est utilisée, les lignes de fuite de l'isolation fonctionnelle sont dimensionnées conformément au Tableau 4 de la CEI 60664-5:2007 et la tension locale en fonction du cheminement, et au Tableau 5 de la CEI 60664-5:2007 en ce qui concerne la tension de crête la plus élevée afin d'éviter le contournement, la valeur la plus élevée étant utilisée.

Lorsque la tension locale est utilisée pour le dimensionnement, il est admis d'interpoler les valeurs pour les tensions intermédiaires. Dans un tel cas, l'interpolation linéaire est utilisée et les valeurs sont arrondies au même nombre de chiffres que celles prélevées dans les Tableaux.

Dans les matériels faisant l'objet d'une contrainte de tension de courte durée uniquement, les lignes de fuite de l'isolation fonctionnelle peuvent être réduites, par exemple un cran de tension inférieur à ceux figurant dans le Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007.

L'essai de l'isolation fonctionnelle repose sur le même mode opératoire que celui spécifié en 6.1 de la CEI 60664-1:2007. Toutefois, les tensions d'essai peuvent être différentes de celles requises pour l'isolation principale.

4.7 Utilisation pratique de la série CEI 60664 pour le dimensionnement en fonction de l'influence de la fréquence de la tension

4.7.1 Influence générale de la fréquence sur les caractéristiques de tenue

Dans le domaine d'application de la CEI 60664-1, l'influence de la fréquence de la tension est considérée comme étant couverte par les tensions minimales données pour des fréquences pouvant atteindre 30 kHz. Pour des fréquences plus élevées, il est nécessaire de prévoir une réduction de la capacité de tenue d'un type d'isolation et de la prendre en compte pour le dimensionnement.

Pour des fréquences comprises entre 30 kHz et 10 MHz, la CEI 60664-4 doit être appliquée conjointement avec la CEI 60664-1 ou la CEI 60664-5.

4.7.2 Influence de la fréquence sur les caractéristiques de tenue des distances d'isolement

La capacité de tenue aux chocs de tension dans le domaine d'application de la CEI 60664-4 est uniquement influencée par la fréquence pour des fréquences périodiques. Pour les surtensions transitoires, le dimensionnement conformément à la CEI 60664-1 ou à la CEI 60664-5 est suffisant.

Pour des fréquences supérieures à 30 kHz dans le domaine d'application de la CEI 60664-4, la capacité de tenue aux chocs de tension des distances d'isolement avec une distribution du champ homogène ou presque homogène peut être réduite de 20 % au maximum. Pour les fréquences dépassant 30 kHz, on considère qu'un champ presque homogène existe lorsque le rayon de courbure des parties conductrices est supérieur ou égal à 20 % de la distance d'isolement.

Le dimensionnement pour la distribution du champ presque homogène est réalisé en prenant 125 % de la tension de tenue requise de la distance d'isolement conformément aux valeurs du cas A du Tableau F.7 de la CEI 60664-1:2007 ou au Tableau 3 de la CEI 60664-5:2007. Aucun essai de tenue de tension n'est requis.

Un dimensionnement plus petit que celui réalisé pour la distribution du champ presque homogène (valeurs du cas A du Tableau F.7 de la CEI 60664-1:2007 ou du Tableau 3 de la CEI 60664-5:2007) implique de procéder à un essai de tension de tenue conforme à 6.1.2 de la CEI 60664-1:2007 ou de la CEI 60664-5. Toutefois, la distance d'isolement minimale ne peut être plus petite que celle obtenue en prenant 125 % de la tension de tenue requise de la distance d'isolement conformément aux valeurs du cas B du Tableau F.7 de la CEI 60664-1:2007 ou du Tableau 3 de la CEI 60664-5:2007.

Pour les fréquences dépassant 30 kHz, on considère qu'un champ non homogène existe lorsque le rayon de courbure des parties conductrices est inférieur à 20 % de la distance d'isolement. Pour la distribution non homogène du champ, la réduction de la capacité de tension de tenue des distances d'isolement peut être beaucoup plus élevée. Le dimensionnement de la distribution non homogène du champ est réalisé pour la tension de tenue requise de la distance d'isolement en fonction des valeurs du Tableau 1 de la CEI 60664-4:2005. Aucun essai de tension de tenue n'est requis.

Le dimensionnement pour le champ non homogène et la contrainte de tension élevée, condition >1 kV, donne des distances peu réalisables. Il est donc préférable de choisir une conception permettant d'améliorer la distribution du champ (distribution du champ presque homogène).

4.7.3 Influence de la fréquence sur les caractéristiques de tenue des lignes de fuite

Pour des fréquences de tension supérieures à 30 kHz, outre le cheminement, il est nécessaire de tenir compte des effets thermiques quant à la capacité de tenue des lignes de fuite. Le dimensionnement est réalisé pour la tension de tenue efficace requise de la ligne de fuite en fonction des valeurs du Tableau F.4 de la CEI 60664-1:2007 et pour la tension de tenue de crête requise en fonction des valeurs du Tableau 2 de la CEI 60664-4:2005. Cette tension de tenue de crête est la valeur la plus élevée d'une crête périodique de la tension à travers la ligne de fuite. La valeur la plus élevée des distances s'applique.

Dans le Tableau 2 de la CEI 60664-4:2005, l'interpolation des fréquences est admise. Les valeurs du Tableau 2 de la CEI 60664-4:2005 s'appliquent pour le degré de pollution 1. Les lignes de fuite des degrés de pollution 2 et 3 sont obtenues par un facteur de multiplication de 1,2 et de 1,4 pour les degrés de pollution 2 et 3, respectivement.

Le dimensionnement conforme au Tableau 2 de la CEI 60664-4:2005 s'applique à tous les matériaux isolants que les effets thermiques peuvent détériorer. Il s'agit des matériaux de base classiques destinés aux cartes à circuits imprimés en résine époxyde. Dans le cas des matériaux isolants qui ne peuvent pas être détériorés par des effets thermiques, et lorsqu'il n'est pas nécessaire de prévoir un cheminement, le dimensionnement conforme aux exigences en matière de distance d'isolement (voir 4.7.2) est suffisant.

4.7.4 Influence de la fréquence sur les caractéristiques de tenue de l'isolation solide

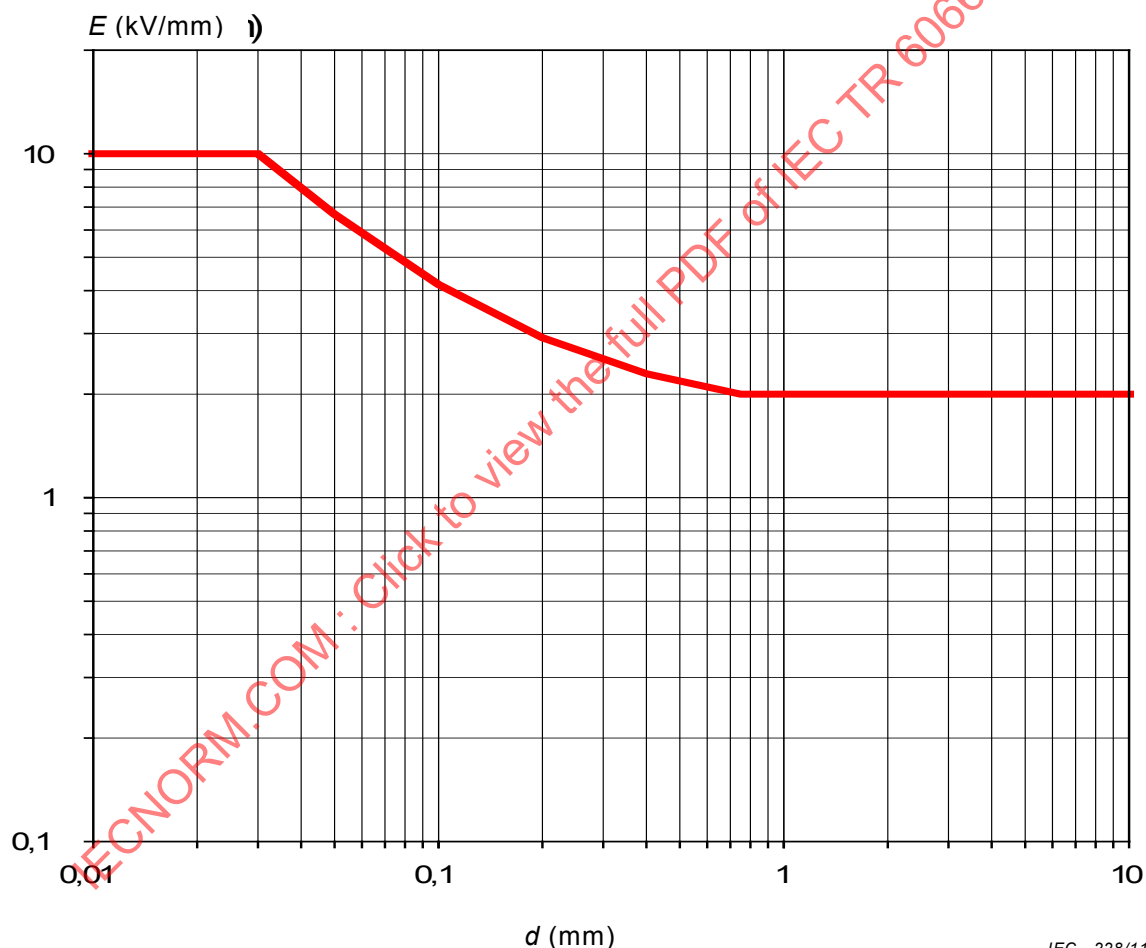
Pour les fréquences supérieures à 30 kHz, il est également nécessaire de tenir compte de la capacité de tenue réduite de l'isolation solide pour le dimensionnement. Deux effets différents sont à l'origine de cette réduction. Le premier effet est celui du réchauffement des matériaux isolants solides suite à des pertes diélectriques. Il s'agit d'un problème particulier lié aux matériaux présentant un taux de perte élevé (le papier stratifié, par exemple). Le deuxième effet est celui de la détérioration accélérée générée par la fréquence élevée des décharges partielles. Par conséquent, aucune décharge partielle n'est admise dans les conditions de service normales. De plus, il est nécessaire de prendre en compte une diminution de la tension de seuil de décharge partielle avec une augmentation de la fréquence.

C'est la raison pour laquelle un dimensionnement précis de l'isolation solide requiert un essai avec une tension à hautes fréquences. Toutefois, ces essais sont difficiles et impliquent l'utilisation d'un matériel particulier. Par conséquent, la CEI 60664-4 propose également une méthode simplifiée de dimensionnement de l'isolation solide reposant sur des exigences de distance.

Cette méthode simplifiée de dimensionnement peut être utilisée à la place de l'essai à hautes fréquences conformément à l'Article 7 de la CEI 60664-4:2005. Elle s'applique pour une fréquence maximale de tension de 10 MHz, si l'intensité du champ est à peu près uniforme, sans dépasser les valeurs spécifiées dans l'Equation (7) ou la Figure 4, respectivement, et si l'isolation solide ne présente aucun vide ni espace libre. Dans ce contexte, le champ électrique est considéré comme à peu près uniforme si les écarts par rapport à la valeur moyenne de la résistance du champ sont inférieurs à $\pm 20\%$.

Pour les couches d'isolation solides épaisses de $d_1 \geq 0,75$ mm, il est nécessaire que la valeur de crête de l'intensité du champ E soit inférieure ou égale à 2 kV/mm. Pour les couches d'isolation solide fines de $d_2 \leq 30$ μm , la valeur de crête de l'intensité du champ doit être inférieure ou égale à 10 kV/mm. Pour $d_1 > d > d_2$, l'Equation (7) est utilisée pour interpoler une certaine épaisseur d (voir également la Figure 4):

$$E = \left(\frac{0,25}{d} + 1,667 \right) \frac{\text{kV}}{\text{mm}} \quad (7)$$



Légende

E intensité de champ

d épaisseur

Figure 4 – Intensité du champ admissible pour le dimensionnement de l'isolation solide selon l'Equation (7)

L'utilisation de l'intensité du champ pour le dimensionnement de l'isolation solide implique une distribution du champ presque uniforme, sans vide ni espace libre. Si l'intensité du champ ne peut être calculée (le champ n'étant pas uniforme), si la valeur de crête est supérieure à celle donnée dans l'Equation (7), ou la Figure 4, respectivement, si la présence de vide ou d'espace libre ne peut être exclue ou pour des fréquences supérieures à 10 MHz, un essai de

tendue ou un essai de décharge partielle avec une tension à hautes fréquences est alors requis. L'essai de tenue de tension s'applique aux contraintes à court terme. L'essai de décharge partielle s'applique aux contraintes à long terme conformément au 5.3.3.2.3 de la CEI 60664-1:2007.

Dans la CEI 60664-3, deux types de protection sont utilisés pour obtenir un dimensionnement plus petit. Une protection de type 2 est considérée comme similaire à une isolation solide. Étant donné que la CEI 60664-3 repose sur la CEI 60664-1, le domaine d'application en matière de fréquence est limité à 30 kHz. Par conséquent, si la protection de type 2 est destinée à être utilisée pour des fréquences supérieures à 30 kHz, les exigences supplémentaires de la CEI 60664-4 pour l'isolation solide s'appliquent.

5 Quatre exemples qui illustrent le dimensionnement approprié de l'isolation à l'intérieur d'un matériel

5.1 Généralités

Quatre exemples de dimensionnement des distances d'isolement sont présentés dans les Figures 5a à 5d, chaque figure illustrant les facteurs les plus importants qui influencent le dimensionnement des distances d'isolement. Il s'agit des tensions assignées, des tensions de tenue en régime permanent, des tensions de tenue aux chocs, de la catégorie de surtension, du degré de pollution et du type d'isolation.

Certaines normes de produit ne précisent pas les valeurs de distance d'isolement pour les circuits fournis par des systèmes TBTS. Les Figures 5a à 5d montrent que la distance d'isolement est fonction de la catégorie de surtension déterminée à partir de la tension d'alimentation, et qu'il s'agit d'un niveau de tension de tenue aux chocs inférieur après le transformateur. Voir 4.2 pour plus d'informations.

Il existe quatre catégories de surtension données en 4.3.3.2 de la CEI 60664-1:2007. La catégorie de surtension est le synonyme de catégorie de tenue aux chocs utilisé dans la CEI 60364-4-44. La tension assignée de tenue aux chocs du matériel est sélectionnée en fonction de la catégorie de surtension spécifiée et de la tension assignée du matériel. Voir les Tableaux F.1 et F.2 de la CEI 60664-1:2007.

Il existe quatre degrés de pollution dans le micro-environnement donnés en 4.6.2 de la CEI 60664-1:2007.

Dans les exemples ci-dessous, les surtensions de catégorie III (Figures 5b et 5c) et les surtensions de catégorie II (Figure 5d) et le degré de pollution 2 sont utilisés pour illustrer le dimensionnement des distances d'isolement conformément aux Tableaux F.2 et F.7 de la CEI 60664-1:2007.

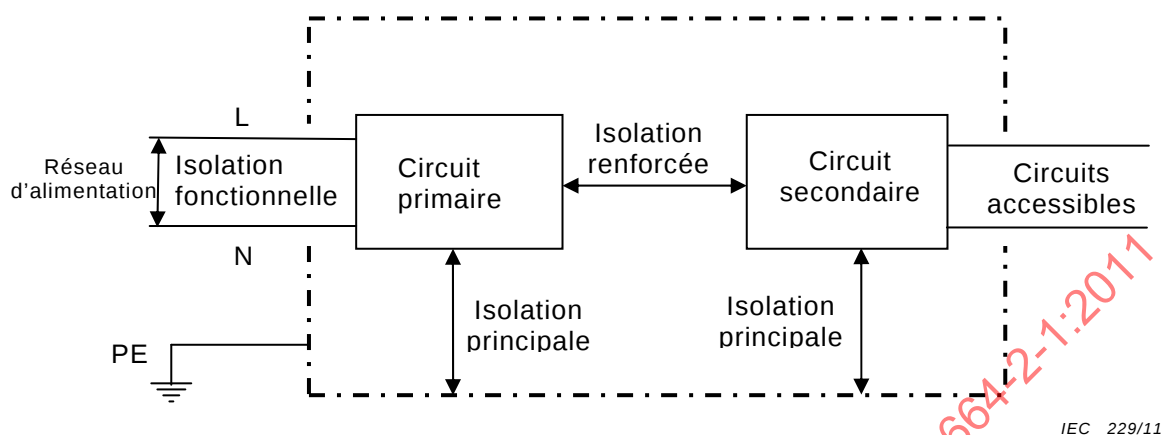
Dans la Figure 5b, ce qui suit s'applique pour le matériel de classe I:

- Pour les circuits non reliés à la terre non connectés directement au réseau d'alimentation (partie secondaire du transformateur), l'isolation principale est dimensionnée pour une tension de tenue aux chocs identique à celle du circuit directement connecté au réseau d'alimentation. (Concernant la réduction de la tension de tenue aux chocs, plus de détails relatifs au transformateur sont donnés en 4.2.)

Dans les Figures 5c et 5d, ce qui suit s'applique pour le matériel de classe II:

- Pour les circuits non reliés à la terre non connectés directement au réseau d'alimentation (partie secondaire du transformateur), l'isolation principale est dimensionnée pour une tension de tenue aux chocs réduite d'un cran par rapport à celle du circuit directement connecté au réseau d'alimentation. (Concernant la réduction de la tension de tenue aux chocs, plus de détails relatifs au transformateur sont donnés en 4.2.)

Des informations relatives à la protection principale et à l'isolation principale sont données dans la CEI 61140.

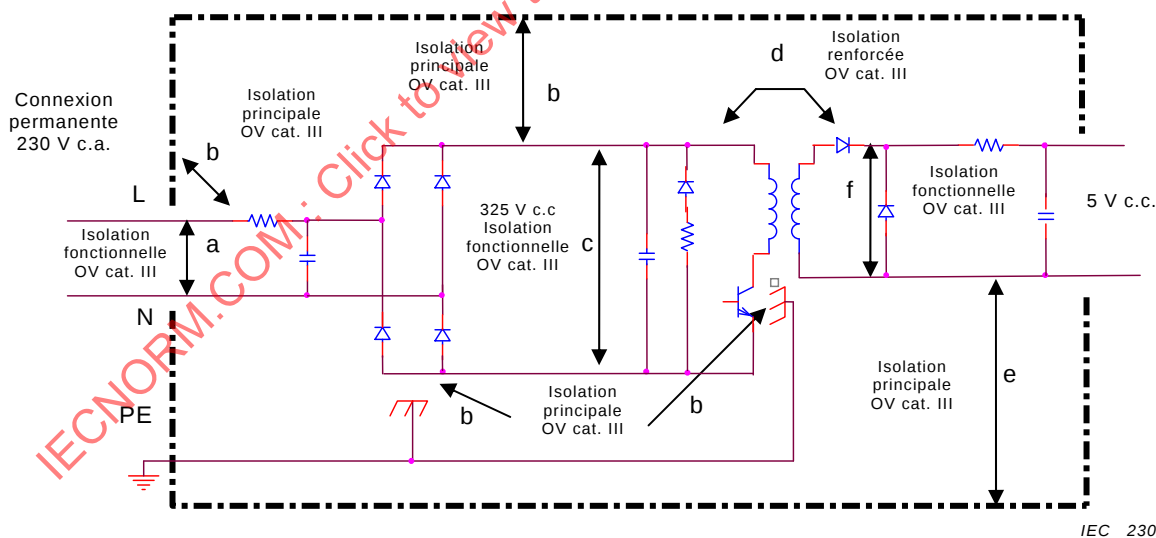


Légende

L ligne de la phase
N ligne du neutre
PE ligne de la protection

Figure 5a – Exemple 1 – Simple illustration d'un système d'isolation contenant une isolation fonctionnelle, principale et renforcée double pour un matériel de classe I

5.2 Exemples de dimensionnement des distances d'isolement pour le matériel de classe I conformément à la CEI 60664-1



Légende

----- Protection contre le contact direct au moyen d'une enveloppe conductrice connectée à la terre de protection (TP)

Figure 5b – Exemple 2 – Dimensionnement des distances d'isolement du matériel de classe I, en fonction de la catégorie de surtension III

Tableau 2 – Exemple 2 – Dimensionnement des distances d'isolement selon le Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007 (degré de pollution 2) (voir l'exemple 2 de la Figure 5b)

Exemple 2	Type d'isolation ^a	Tension de tenue aux chocs V	Distance d'isolement mm
a	Fonctionnelle	4 000	3,0
b	Principale	4 000	3,0
c	Fonctionnelle	4 000	3,0
d	Renforcée	6 000	5,5
e	Principale	4 000	3,0
f	Fonctionnelle	800 ^b	0,2 ^b
^a Applicable au système TN.			
^b Selon une tension phase-neutre de 50 V.			

Pour les circuits protégés contre la surtension au moyen d'un parafoudre, une valeur plus petite que celle spécifiée pour le cas A du Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007 peut être attribuée à la distance d'isolement pour l'isolation fonctionnelle (a et c).

Toutefois, dans ce cas, il est nécessaire de réaliser un essai de tenue aux chocs avec la tension de tenue aux chocs requise. La basse impédance du générateur d'impulsions d'essai doit être de 2 Ω.

La distance d'isolement pour l'isolation renforcée repose sur le cas A du Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007, en choisissant un niveau de tension de choc plus élevé (valeurs préférentielles).

Tableau 3 – Exemple 2 – Dimensionnement des distances d'isolement selon les Tableaux F.2 et F.7a de la CEI 60664-1:2007, surtensions temporaires conformément au 5.3.3.2.3 de la CEI 60664-1:2007 ($U_n + 1\ 200\ V$) (voir l'exemple 2 de la Figure 5b)

Exemple 2	Type d'isolation	Tension de tenue aux chocs V	Surtension temporaire (crête)/tension locale (crête) ^b V ^d	Distance d'isolement (Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007) (Tension de tenue aux chocs) mm	Distance d'isolement (Tableau F.7 de la CEI 60664-1:2007) (Surtension temporaire/tension locale) mm ^c	Distance d'isolement ^a mm
a	Fonctionnelle	4 000	NA / 325	3,0	NA / 0,01	3,0
b	Principale	4 000	2 022 / 325	3,0	1,3 / 0,01	3,0
c	Fonctionnelle	4 000	NA / 325	3,0	NA / 0,01	3,0
d	Renforcée	6 000	4 044 / 650 ^f	5,5	3,9 / 0,078 ^f	5,5
e	Principale	4 000	NA / 5	3,0	NA / 0,001	3,0
f	Fonctionnelle	800 ^e	NA / 5	0,2	NA / 0,001	0,2

^a Le dimensionnement conforme au Tableau F.7 de la CEI 60664-1:2007 est comparé à celui du Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007, en tenant compte du degré de pollution. La distance d'isolement la plus importante est sélectionnée.

^b Si le système d'isolation est évalué par rapport à la tension locale, les tensions de crête répétitives sont prises en compte. Dans cet exemple, les tensions de crête répétitives sont considérées comme étant négligeables. Seule la valeur de crête de la tension d'alimentation sinusoïdale est considérée.

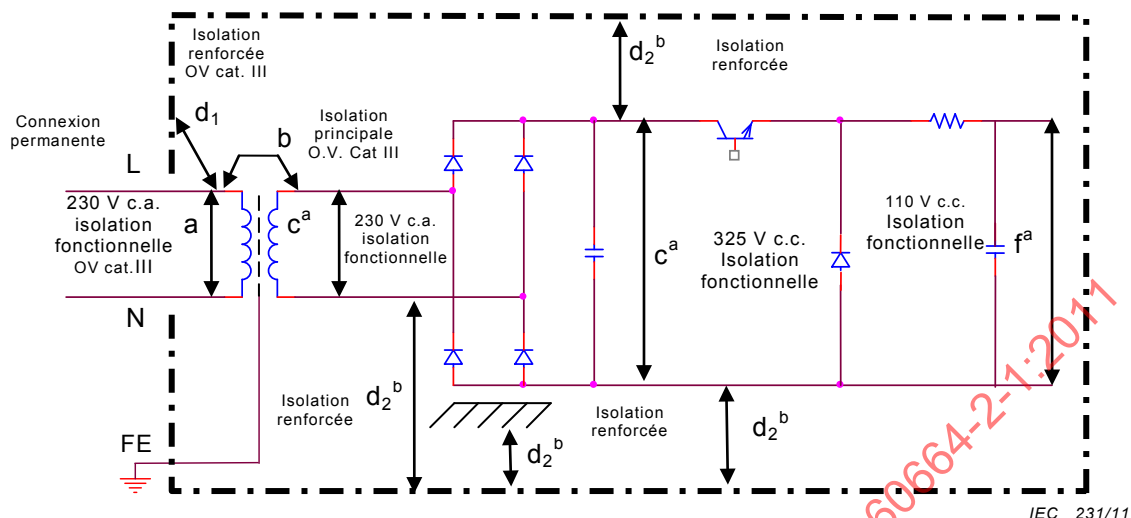
^c Le dimensionnement repose sur la valeur de crête de la surtension temporaire.

^d La tension de crête de la surtension temporaire est utilisée pour le dimensionnement.

^e Selon une tension phase-neutre de 50 V.

^f Il convient de noter que puisque la distance d'isolement pour l'isolation renforcée est dimensionnée par rapport à 160 % de la surtension temporaire pour l'isolation principale et supplémentaire, la tension d'essai pour la vérification de la distance d'isolement de l'isolation renforcée est égale à deux fois la tension d'essai pour la vérification de l'isolation principale et supplémentaire.

5.3 Exemples de dimensionnement des distances d'isolement pour le matériel de classe II conformément à la CEI 60664-1



IEC 231/11

Légende

- Protection contre le contact direct au moyen d'une enveloppe non conductrice (isolation solide) ou distance d'isolement offrant une isolation renforcée.

FE ligne de mise à la terre fonctionnelle

NOTE Le transformateur est conforme au 4.2.

Figure 5c – Exemple 3 – Dimensionnement des distances d'isolement (matériel de classe II)

Tableau 4 – Exemple 3 – Dimensionnement des distances d'isolement selon le Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007 (degré de pollution 2) (voir l'exemple 3 de la Figure 5c)

Exemple 3	Type d'isolation	Tension de tenue aux chocs V	Distance d'isolement mm
a	Fonctionnelle	4 000	3,0
b	Principale	4 000	3,0
c ^a	Fonctionnelle	2 500	1,5
d ₁	Renforcée	6 000	5,5
d ₂ ^b	Renforcée	4 000	3,0
f ^a	Fonctionnelle	2 500	1,5

^a La distance d'isolement repose sur la catégorie de surtension déterminée à partir de la tension d'alimentation (230 V c.a. OV cat. III) et représente un niveau de tension de tenue aux chocs inférieur après le transformateur. Le niveau de tension continue réel après rectification n'influence pas la tension de tenue aux chocs utilisée pour la conception du système d'isolation.

^b La distance d'isolement pour l'isolation renforcée repose sur la catégorie de surtension déterminée à partir de la tension d'alimentation (230 V c.a. OV cat. III) et représente un niveau de tension de tenue aux chocs inférieur après le transformateur. Voir 4.2 pour plus d'informations.

Tableau 5 – Exemple 3 – Dimensionnement des distances d'isolement selon les Tableaux F.2 et F.7a de la CEI 60664-1:2007, surtensions temporaires conformément au 5.3.3.2.3 de la CEI 60664-1:2007 (U_n+1 200 V) (voir l'exemple 3 de la Figure 5c)

Exemple 3	Type d'isolement	Tension de tenue aux chocs V	Surtension temporaire (crête)/tension locale (crête) ^b V	Distance d'isolement (Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007) (Tension de tenue aux chocs) mm	Distance d'isolement (Tableau F.7a de la CEI 60664-1:2007) (Surtension temporaire/tension locale) mm ^c	Distance d'isolement ^a mm
a	Fonctionnelle	4 000	NA/ 325	3,0	NA/0,01	3,0
b	Principale	4 000	2 022/325	3,0	1,3/0,01	3,0
c	Fonctionnelle	2 500	NA/325	1,5	NA/0,01	1,5
d ₁	Renforcée	6 000	4 044/650 ^d	5,5	3,9/0,078 ^d	5,5
d ₂	Renforcée	4 000	4 044/650 ^d	3,0	3,9/0,078 ^d	3,9
f	Fonctionnelle	2 500	NA/110	1,5	NA/0,004	1,5

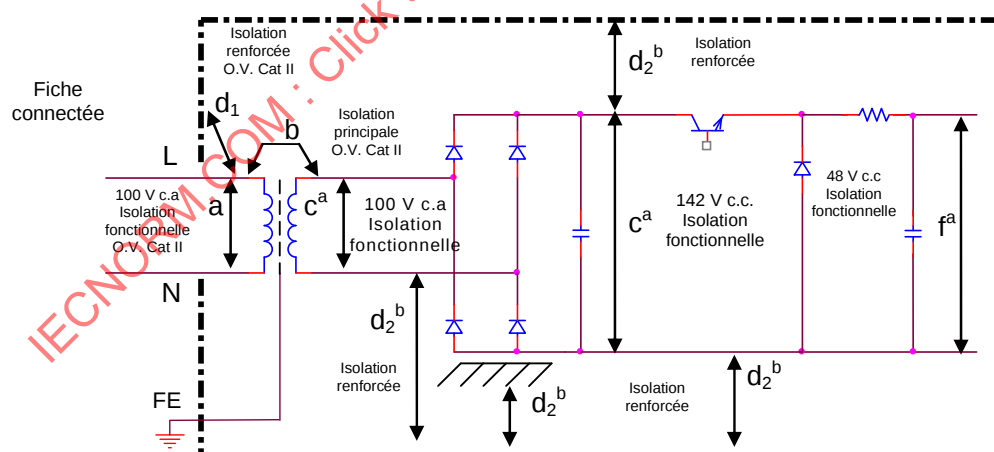
^a Le dimensionnement conforme au Tableau F.7 de la CEI 60664-1:2007 est comparé à celui du Tableau F.2 de la CEI 60664-1:2007, en tenant compte du degré de pollution. La distance d'isolement la plus importante est sélectionnée.

^b Si le système d'isolement est évalué par rapport à la tension locale, les tensions de crête répétitives sont prises en compte. Dans cet exemple, les tensions de crête répétitives sont considérées comme étant négligeables. Seule la valeur de crête de la tension d'alimentation sinusoïdale est considérée.

^c Le dimensionnement repose sur la valeur de crête de la surtension temporaire.

^d Il convient de noter que puisque la distance d'isolement pour l'isolement renforcée est dimensionnée par rapport à 160 % de la surtension temporaire pour l'isolement principale et supplémentaire, la tension d'essai pour la vérification de la distance d'isolement de l'isolement renforcée est égale à deux fois la tension d'essai pour la vérification de l'isolement principale et supplémentaire.

5.4 Exemples de dimensionnement des distances d'isolement pour le matériel de classe II conformément à la CEI 60664-5



Légende

----- Protection contre le contact direct au moyen d'une enveloppe non conductrice (isolation solide) ou distance d'isolement offrant une isolation renforcée.

IEC 232a/11

NOTE Le transformateur est conforme au 4.2.

Figure 5d – Exemple 4 – Dimensionnement des distances d'isolement (matériel de classe II)

Tableau 6 – Exemple 4 – Dimensionnement des distances d'isolement selon le Tableau 2 de la CEI 60664-5:2007 (voir exemple 4 de la Figure 5d)

Exemple 4	Type d'isolation	Tension de tenue aux chocs ^c V	Distance d'isolement ^c mm
a	Fonctionnelle	800 (1 500)	0,1 (0,5)
b	Principale	800 (1 500)	0,1 (0,5)
c ^a	Fonctionnelle	500 (800)	0,4 (0,1)
d ₁	Renforcée	1 500 (2 500)	0,5 (1,5)
d ₂ ^b	Renforcée	800 (1 500)	0,1 (0,5)
f ^a	Fonctionnelle	500 (800)	0,04 (0,1)

^a La distance d'isolement repose sur la catégorie de surtension déterminée à partir de la tension d'alimentation (100 V c.a. OV cat. II) et représente un niveau kV de tension de tenue aux chocs inférieur après le transformateur. Le niveau de tension continue réel après rectification n'influence par la tension de tenue aux chocs utilisée pour la conception du système d'isolation.

^b La distance d'isolement pour l'isolation renforcée repose sur la catégorie de surtension déterminée à partir de la tension d'alimentation (100 V c.a. OV cat. II) et représente un niveau kV de tension de tenue aux chocs inférieur après le transformateur. Voir 4.2 pour plus d'informations.

^c Les valeurs entre parenthèses sont utilisées au Japon. Voir la note de bas de page ⁵⁾ du Tableau F.1 de la CEI 60664-1:2007.

Tableau 7 – Exemple 4 – Dimensionnement des distances d'isolement selon les Tableaux 2 et 3 de la CEI 60664-5:2007, surtensions temporaires conformément au 5.3.3.2.3 de la CEI 60664-1:2007 (U_n+1 200 V) (voir exemple 4 de la Figure 5d)

Exemple 4	Type d'isolation	Tension de tenue aux chocs ^d V	Surtension temporaire (crête)/ tension locale (crête) ^b V	Distance d'isolement ^d (Tableau 2 de la CEI 60664-5:2007) (tension de tenue aux chocs) mm	Distance d'isolement (Tableau 3 de la CEI 60664-5:2007) (surtension temporaire/ tension locale) mm	Distance d'isolement ^{a, d} mm
a	Fonctionnelle	800 (1 500)	NA/141	0,1 (0,5)	NA/ 0,005	0,1 (0,5)
b	Principale	800 (1 500)	1 838/141	0,1 (0,5)	1,1 ^c / 0,005	1,1
c	Fonctionnelle	500 (800)	NA/141	0,04 (0,1)	NA/ 0,005	0,04 (0,1)
d ₁	Renforcée	1 500 (2 500)	3 676/282 ^e	0,5 (1,5)	3,4 ^c /0,01 ^e	3,4
d ₂	Renforcée	800 (1 500)	3 676/282 ^e	0,1 (0,5)	3,4 ^c /0,01 ^e	3,4
f	Fonctionnelle	500 (800)	NA/48	0,04 (0,1)	NA/0,01	0,04 (0,1)

^a Le dimensionnement selon le Tableau 2 de la CEI 60664-5:2007 est comparé à celui du Tableau 3 de la même norme. La distance d'isolement la plus importante est sélectionnée.

^b Si le système d'isolation est évalué par rapport à la tension locale, les tensions de crête répétitives sont prises en compte. Dans cet exemple, les tensions de crête répétitives sont considérées comme étant négligeables. Seule la valeur de crête de la tension d'alimentation sinusoïdale est considérée.

^c Déterminé par interpolation dans le Tableau F.7a de la CEI 60664-1:2007 (cas A).

^d Les valeurs entre parenthèses sont utilisées au Japon. Voir la note de bas de page ⁵⁾ du Tableau F.1 de la CEI 60664-1:2007.

^e il convient de noter que puisque la distance d'isolement pour l'isolation renforcée est dimensionnée par rapport à 160 % de la surtension temporaire pour l'isolation principale et supplémentaire, la tension d'essai pour la vérification de la distance d'isolement de l'isolation renforcée est égale à deux fois la tension d'essai pour la vérification de l'isolation principale et supplémentaire.

6 Application pratique de la série CEI 60664 concernant des questions particulières

6.1 Généralités

L'Article 4 du présent guide d'application donne des informations relatives au dimensionnement des distances d'isolement, des lignes de fuite et de l'isolation solide des isolations principale, supplémentaire, double et renforcée en fonction de la tension locale (tension de crête répétitive, surtension temporaire et surtension transitoire) à travers l'isolation considérée. Le présent article donne des exemples types d'essai de la distance d'isolement et de l'isolation solide dans certaines applications classiques. Il ne s'agit que d'exemples. Ils n'ont pas pour vocation de couvrir toutes les applications.

Le présent article ne donne pas d'informations relatives à l'essai des lignes de fuite, étant donné que ces essais sont en général impossibles à réaliser. L'essai des lignes de fuite s'apparente plutôt à une évaluation de la distance réelle et du matériau qui assure l'isolation à l'étude.

6.2 Essai de l'ensemble du matériel lorsque des composants court-circuitent l'isolation principale

Le matériel est en premier lieu préparé de manière à déconnecter tous les composants court-circuitant l'isolation principale (les parafoudres, par exemple) conformément au 6.1.4.1 de la CEI 60664-1:2007. Ensuite, l'essai est réalisé conformément au 6.1.4 de la CEI 60664-1:2007, selon les conditions ou limitations données dans la norme produit.

Il est alors nécessaire de s'assurer que les composants court-circuitant l'isolation principale et ayant été déconnectés lors de l'essai de tension de choc n'affectent pas le comportement ou la sécurité du matériel en utilisation normale.

Les composants déconnectés sont donc de nouveau connectés, et le matériel est soumis à essai selon le mode opératoire ci-dessous, en introduisant un essai en courant alternatif ayant pour objet de vérifier que les composants qui court-circuitent l'isolation principale n'altèrent pas la sécurité, par rapport aux surtensions temporaires de courte durée.

La fréquence de la tension d'essai est de 50/60 Hz. Pour l'isolation principale, la valeur efficace de la tension d'essai est égale à la surtension temporaire de courte durée, qui est de $1\,200\text{ V} + U_n$. U_n est la valeur de tension nominale entre la phase et le neutre. Pendant la durée de l'essai, voir 6.1.3.4.1 de la CEI 60664-1:2007.

NOTE 1 Par exemple, dans le cas d'un matériel présentant une tension assignée de $U_n = 250\text{ V}$, la tension de l'essai en courant alternatif de l'isolation principale est de $1\,200\text{ V} + 250\text{ V}$, donnant donc une tension d'essai efficace de $1\,450\text{ V}$.

NOTE 2 S'il s'avère impossible de réaliser l'essai en courant alternatif, un essai en courant continu peut être considéré avec une valeur de tension supérieure ou égale à la tension de crête en courant alternatif.

NOTE 3 Le courant de sortie de court-circuit du générateur est supérieur à 200 mA. Pour les tensions d'essai dépassant 3 kV, il suffit que la puissance assignée de l'équipement en essai soit supérieure ou égale à 600 VA. Le courant de déclenchement du générateur nécessite un réglage du courant de déclenchement à 100 mA ou pour les tensions d'essai au-dessus de 6 kV la valeur la plus élevée possible.