IEC 61558-1

Edition 2.1 2009-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPÉE DE SÉCURITÉ

Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 1: General requirements and tests

Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 1: Exigences générales et essais

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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 Varembé
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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

IEC 61558-1

Edition 2.1 2009-04

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPÉE DE SÉCURITÉ

Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 1: General requirements and tests

Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 1: Exigences générales et essais

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX CR

ICS 29.180

ISBN 2-8318-1035-0

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 8

1 Scope 11
2 Normative references 13
3 Terms and definitions 16
4 General requirements 29
5 General notes on tests 29
6 Ratings 31
7 Classification 31
8 Marking and other information 33
9 Protection against electric shock 38
10 Change of input voltage setting 41
11 Output voltage and output current under load 42
12 No-load output voltage 42
13 Short-circuit voltage 43
14 Heating 43
15 Short circuit and overload protection 48
16 Mechanical strength 52
17 Protection against harmful ingress of dust, solid objects and moisture 55
18 Insulation resistance, dielectric strength and leakage current 59
19 Construction 63
20 Components 70
21 Internal wiring 76
22 Supply connection and other external flexible cables or cords 76
23 Terminals for external conductors 82
24 Provisions for protective earthing 84
25 Screws and connections 85
26 Creepage distances, clearances and distances through insulation 88
27 Resistance to heat, fire and tracking 97
28 Resistance to rusting 101

Annex A (normative) Measurement of creepage distances and clearances 109
Annex B (normative) Testing a series of transformers 113
Annex C (normative) Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) Material group II (400 ≤CTI <600) 115
Annex D (normative) Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) Material group I (CTI ≥600) 118
Annex E (normative) Glow-wire test 121
Annex F (normative) Requirements for manually operated switches which are parts of transformers assembly 122

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex G (normative) Tracking test 125
Annex H (normative) Electronic circuits 126
Annex I (void) 130
Annex J (normative) Measuring network for touch-currents 131
Annex K (normative) Insulated winding wires for use as multiple layer insulation 132
Annex L (normative) Routine tests (production tests) 134
Annex M (informative) Examples to be used as a guide for 19.1 136
Annex N (informative) Examples of points of application of test voltages 139
Annex O (void) 141
Annex P (informative) Examples of points of measurement of creepage distances and clearances 142
Annex Q (informative) Explanation of IP numbers for degrees of protection 144
Annex R (normative) Explanations of the application of 4.1.1.2.1 of IEC 60664-1 (see 26.2) 146
Annex S (void) 147
Annex T (void) 148
Annex U (informative) Optional t_w–marking of transformers 149
Annex V (informative) Symbols to be used for thermal cut-outs 158
Annex W (normative) Coated printed circuit boards 159

Bibliography 160
Index of defined terms 161

Figure 0 – IEC 61558 principle 9
Figure 1 – Mounting box for flush-type transformer (see 5.10) 102
Figure 2 – Standard test finger (see 9.1.2, 15.5.2 and IEC 61032, test probe B) 103
Figure 3 – Test pin (see 9.2 and IEC 61032, test probe 13) 104
Figure 4 – Abrasion resistance test for insulating coated layers 104
Figure 5 – Ball-pressure apparatus (see 27.1) 105
Figure 6 – Test arrangement for checking mechanical withstanding of insulating materials in thin sheet layers (see 26.3) 106
Figure 7 – Flexing test apparatus (see 22.9.4) 107
Figure 8 – Test configuration: single-phase equipment on star TN or TT system 108
Figure H.1 – Example of an electronic circuit with low-power points (see H.2.2) 129
Figure J.1 – Measuring network for touch-current 131
Figure U.1 – Relation between winding temperature and endurance test duration 156
Figure U.2 – Assessment of claimed value of *S* 157

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table 1 – Values of maximum temperatures in normal use 45
Table 2 – Test temperature and testing time (in days) per cycle 47
Table 3 – Maximum values of temperatures under short-circuit or overload conditions 49
Table 4 – Values of *T* and *k* for fuses 50
Table 5 – Pull force on pins 54
Table 6 – Solid-object-proof transformer test 56
Table 7 – Values of insulation resistance 59
Table 8a – Table of dielectric strength test voltages 60
Table 8b – Limits for currents 63
Table 9 – Nominal cross-sectional areas of external flexible cables or cords 78
Table 10 – Pull and torque to be applied to external flexible cables or cords fixed to stationary and portable transformers 81
Table 11 – Torque to be applied to screws and connections 86
Table 12 – Torque test on glands 88
Table 13 – Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) – Material group IIIa (175 ≤ CTI < 400) 94
Table C.1 – Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) – Material group II (400 ≤CTI <600) 115
Table D.1 – Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) – Material group I (CTI ≥600) 118
Table F.1 – Peak surge current of the additional load 123
Table Q.1 – Degrees of protection indicated by the first characteristic numeral 144
Table Q.2 – Degrees of protection indicated by the second characteristic numeral 145
Table R.1 – Impulse test voltage according to 4.1.1.2.1 of IEC 60664-1 146
Table U.1 – Example of maximum temperatures of windings under short circuit or overload conditions and at 110 % of rated voltage for transformers subjected to an endurance test duration of 30 days and a life expectance of 10 years 151
Table U.2 –Theoretical test temperatures for transformers subjected to an endurance test duration of 30 days and a life expectancy of 10 years 153

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SAFETY OF POWER TRANSFORMERS, POWER SUPPLIES, REACTORS AND SIMILAR PRODUCTS –

Part 1: General requirements and tests

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61558-1 has been prepared by IEC technical committee 96: Small power transformers, reactors and power supply units and similar products

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

This new edition represents a complete revision of the previous edition. The changes were necessitated by the introduction of new technology and implementation of requirements from equipment committees.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

This consolidated version of IEC 61558-1 consists of the second edition (2005) [documents 96/224/FDIS and 96/228/RVD], its amendment 1 (2009) [documents 96/314/FDIS and 96/320/RVD] and its corrigendum of March 2008.

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 2.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

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

This second edition of Part 1 is only to be used in conjunction with parts 2 based on this edition. The parts 2 contain clauses to supplement or modify the corresponding clauses of this Part 1 in order to provide the relevant requirements for each type of transformer.

However, individual countries may wish to consider its application, to the extent reasonable, to transformers not mentioned in the parts 2, and to transformers designed on new principles.

NOTE Annex U contains the optional t_w system (marking, requirements and tests).

IEC 61558 consists of the following parts, under the general title *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products:*[1)]

Part 1: General requirements and tests

Part 2-1: Particular requirements for separating transformers for general use

Part 2-2: Particular requirements for control transformers

Part 2-3: Particular requirements for ignition transformers for gas and oil burners

Part 2-4: Particular requirements for isolating transformers for general use

Part 2-5: Particular requirements for shaver transformers and shaver supply units

Part 2-6: Particular requirements for safety isolating transformers for general use

Part 2-7: Particular requirements for transformers for toys

Part 2-8: Particular requirements for bell and chime transformers

Part 2-9: Particular requirements for transformers for class III handlamps for tungsten filament lamps

Part 2-12: Particular requirements for constant voltage transformers

Part 2-13: Particular requirements for auto-transformers for general use

Part 2-14: Particular requirements for variable transformers (*in preparation*)

Part 2-15: Particular requirements for isolating transformers for the supply of medical locations

Part 2-16: Particular requirements for switch mode power supplies and transformers for switch mode power supplies (*in preparation*)

Part 2-17: Particular requirements for transformers for switch mode power supplies

Part 2-19: Particular requirements for perturbation attenuation transformers

Part 2-20: Particular requirements for small reactors

1) Some of the parts of this series published earlier appeared under the general title *Safety of power transformers, power supply units and similar* or *Safety of power transformers, power supply units and similar devices.* Future editions of these parts will be issued under the new general title indicated above.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Part 2-23: Particular requirements for transformers for construction sites

Other parts are under consideration.

In this standard, the following print types are used:

– requirements proper: in roman type;
– *test specifications: in italic type*;
– explanatory matter: in smaller roman type.

In the text of the standard, the words in **bold** are defined in Clause 3.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the maintenance result 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.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

This International Standard covers safety requirements for **transformers**. Where the term **transformer** is used, it covers **transformers**, **reactors** and **power supplies** where applicable.

During the development of this standard, to the extent possible, the requirements of IEC 60364 were taken into consideration, so that a **transformer** may be installed in accordance with the wiring rules contained in that standard. However, national wiring rules may differ.

This standard recognizes the internationally accepted levels of protection against the possible electrical, mechanical, and fire hazards caused by **transformers** operating under normal conditions in accordance with the manufacturer's instructions. It, also, covers abnormal conditions which may occur in practice.

A **transformer** complying with this standard will not necessarily be judged to comply with the safety principles of this standard if when examined and tested, it is found to have other features that impair the level of safety covered by these requirements.

A **transformer** employing materials or having forms of construction differing from those detailed in this standard may be examined and tested according to the intent of the requirements, and if found to be substantially equivalent, may be judged to comply with the safety principles of this standard.

The standard dealing with non-safety aspects of electromagnetic compatibility (EMC) of **transformers** is IEC 62041: *Power transformers, power supply units, reactors and similar products – EMC requirements*. However, that standard also includes tests which may subject the **transformer** to conditions involving the safety aspects.

The objective of Part 1 of IEC 61558 is to provide a set of requirements and tests considered to be generally applicable to most types of **transformers**, and which can be called up as required by the relevant part 2 of IEC 61558. Part 1 is thus not to be regarded as a specification by itself for any type of **transformer**, and its provisions apply only to particular types of **transformers** to the extent determined by the appropriate part 2. Part 1 of IEC 61558 also contains normative routine tests.

Each part 2 in conjunction with Part 1 contains all the necessary requirements for the **transformer** being covered and does not contain references to other parts 2. For **transformers** with a protection index IP00 and associated **transformers**, it is possible to have circuits corresponding to different parts 2 within the same construction (e.g. SELV output circuit according to Part 2-6 and 230 V output circuit according to Part 2-4). However, if the **transformer** is covered by different parts 2 of IEC 61558, to the extent reasonable, the relevant part 2 is applied to each function/application separately. If applicable, the effect of one function on the other is taken into consideration.

If, an appropriate part 2 for a particular **transformer** or group of **transformer**s does not exist, the nearest applicable part 2 may be used as a guide to the requirements and tests.

Where the requirements of any of the clauses of a part 2 refer to Part 1 by the phrase "This clause of Part 1 is applicable", this phrase means all the requirements of that clause of Part 1 are applicable, except those requirements that are, clearly, not applicable to the particular type of **transformer** covered by that part 2.

The principle for preparation of the different parts 2 is as follows:

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

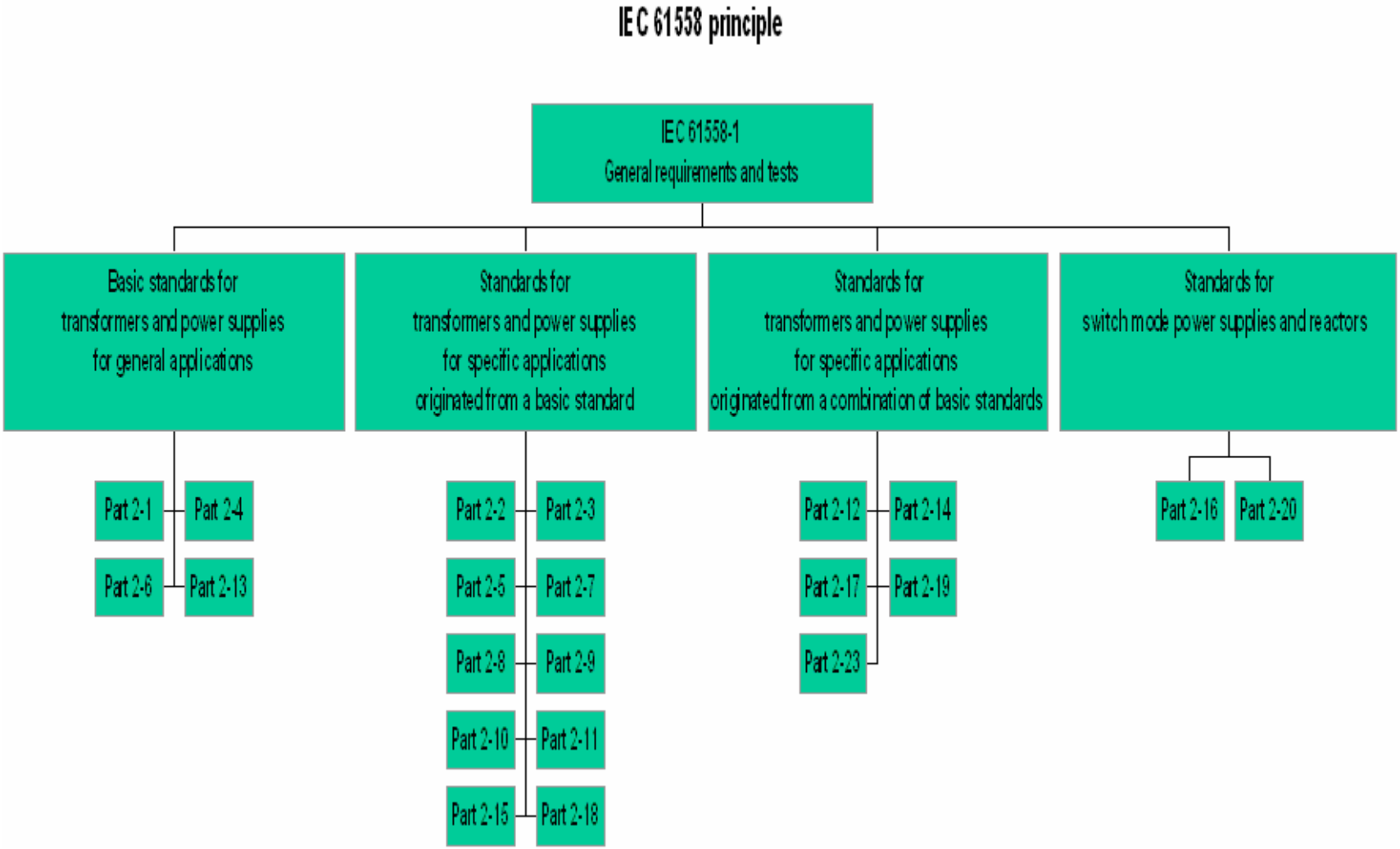


Figure 0 – IEC 61558 principle

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Relevant clauses of this standard (e.g. clauses dealing with thermal endurance test for windings) apply also to **transformers** forming an integral part of an appliance and which cannot be tested separately.

As an option, the thermal characteristics of **transformers** can be specified by the rated maximum operating temperature of the winding (symbol t_w) which shall not be exceeded to ensure a minimum lifetime as specified in Annex U. In addition, for **transformers** subjected to abnormal conditions as specified in Clause 15, the specified temperature limit shall not be exceeded when the **transformer** is built into an appliance or used as an independent **transformer**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SAFETY OF POWER TRANSFORMERS, POWER SUPPLIES, REACTORS AND SIMILAR PRODUCTS –

Part 1: General requirements and tests

1 Scope

This International Standard deals with safety aspects of power **transformers**, power supplies, reactors and similar products such as electrical, thermal and mechanical safety.

This standard covers the following types of **dry-type transformers**, **power supplies**, including **switch mode power supplies**, and **reactors,** the windings of which may be encapsulated or non-encapsulated :

NOTE 1 The distinction between **transformers**, **power supplies** and **switch mode power supplies** is as follows:

– for **transformers**, there is no change in frequency .However, **transformers** (e.g. constant voltage **transformers**) may have an internal resonance frequency not exceeding 30 kHz;

– for **power supplies**, the **internal operational frequency** and waveform are different from the **supply frequency** and waveform, and the **internal operational frequency** does not exceed 500 Hz (see definition 3.1.19);

– for **switch mode power supplies**, the **internal operational frequency** and waveform are different from the **supply frequency** and waveform and the **internal operational frequency** exceeds 500 Hz and does not exceed 100 MHz.

The relevant parts 2 may be found in the introduction of this standard.

a) Stationary or portable, single-phase or poly-phase, air-cooled (natural or forced), **isolating** and **safety isolating transformers**, **independent** or **associated**, not forming a part of distribution networks and with the following characteristics:

   – **rated supply voltage** not exceeding 1 000 V a.c.;

   – **rated supply frequency** not exceeding 500 Hz;

   and complying with the following values, unless otherwise specified in the relevant part 2:

   - for **isolating transformers**:

     – rated output for single phase **transformers**, not exceeding 25 kVA, and for poly-phase **transformers** not exceeding 40 kVA.

     – **no-load output voltage** and the **rated output voltage** exceeding 50 V a.c., and not exceeding 500 V a.c, or 1 000 V a.c. to be in accordance with the National Wiring Rules or for a special application.

   - for **safety isolating transformers**:

     – **rated output** for single phase **transformers** not exceeding 10 kVA, and for poly-phase **transformers** not exceeding 16 kVA.

     – **no-load output voltage** and the **rated output voltage** not exceeding 50 V a.c. between conductors, or between any conductor and protective earth.

NOTE 1 **Isolating** and **safety isolating transformers** are used where **double** or **reinforced insulation** between circuits is required by the installation rules or by the appliance specification (for example toys, bells, portable **tools**, handlamps).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) **Stationary** or **portable**, single-phase or polyphase, air-cooled (natural or forced) **separating transformers**, **auto-transformers**, **variable transformers** and small **reactors**, **independent** or **associated**, not forming a part of distribution networks and with the following characteristics:

– **rated supply voltage** not exceeding 1 000 V a.c.;

– **rated supply frequency** not exceeding 500 Hz;

and complying with the following values, unless otherwise specified in the relevant part 2:

– no-load output voltage or a rated output voltage for both independent and associated **transformers** not exceeding 15 kV a.c., and for independent **transformers**, a rated output voltage not less than 50 V a.c.;

– **rated output** not exceeding the following values:

  – 1 kVA for single-phase **transformers**;

  – 2 kVAR for single-phase **reactors**;

  – 5 kVA for poly-phase **transformers**;

  – 10 kVAR for poly-phase **reactors**.

NOTE 2 **Separating transformers** are used where **double** or **reinforced insulation** between circuits is not required by the installation rules or by the appliance specification.

NOTE 3 Normally, the **transformers** of type b) are intended to be associated with the equipment to provide voltages different from the supply voltage for the functional requirements of the equipment. The protection against electric shock may be provided or completed by other features of the equipment, such as the **body**. Parts of **output circuits** may be connected to the **input circuit** or to the protective earth.

c) Stationary or **portable**, single-phase or polyphase, air-cooled (natural or forced), **independent** or **associated power supplies** and **switch mode power supplies** incorporating one or more **transformer(s)** of type a) or b), not forming a part of distribution networks and with the following characteristics:

– **rated supply voltage** not exceeding 1 000 V a.c.;

– **rated supply frequency** not exceeding 500 Hz;

– internal operational frequency for power supplies not exceeding 500 Hz and for switch mode power supplies not exceeding 100 MHz;

and with the following values, unless otherwise specified in the relevant part 2:

- for power supplies and switch mode power supplies incorporating isolating **transformers**:

  – **rated output** for single- phase or polyphase **power supplies** or **switch mode power supplies** not exceeding 1 kVA;

  – **no-load output voltage** and the **rated output voltage** exceeding 50 V a.c. or 120 V ripple- free d.c., and not exceeding 500 V a.c. or 708 V ripple- free d.c., or 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple- free d.c. to be in accordance with national wiring rules or for a special application;

- for **power supplies** and **switch mode power supplies** incorporating **safety isolating transformers:**

  – **rated output** for single- phase or polyphase **power supplies** and **switch mode power supplies** not exceeding 1 kVA;

  – **no-load output voltage** and **rated output voltage** not exceeding 50 V a.c.or 120 V ripple- free d.c. between conductors, or between any conductor and protective earth.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 4 **Power supplies** and **switch mode power supplies** incorporating **Isolating** and **safety isolating transformers** are used where **double** or **reinforced insulation** between circuits is required by the installation rules or by the appliance specification (for example toys, bells, portable **tools**, handlamps).

- for **power supplies** and **switch mode power supplies** incorporating **separating transformers**, auto-**transformers** , and variable **transformers**:
  - **rated output** for single-phase or polyphase **power supplies** and **switch mode power supplies** not exceeding 1 kVA;
  - **no-load output voltage** and **rated output voltage** for both, **independent** and **associated transformers** not exceeding 15 kV a.c., and for **independent transformers**, a **rated output voltage** not less than 50 V a.c.;

NOTE 5 **Power supplies** and **switch mode power supplies** incorporating **separating transformers** are used where **double** or **reinforced insulation** between circuits is not required by the installation rules or by the appliance specification.

d) This standard is also applicable to t_w-marked **transformers** with a rated output not exceeding 1 000 VA and where the t_w-temperature does not exceed 140 °C (t_w 140). However, t_w -marking of **transformers** is optional.

This standard also applies to **transformers**, **power supplies, switch mode power supplies,** and **reactors** incorporating electronic circuits.

This standard does not apply to external circuits and their components intended to be connected to the input and output terminals or socket-outlets of the **transformers, power supplies** and **switch mode power supplies,** and **reactors**.

NOTE 6 Attention is drawn to the following:

– for **transformers** intended to be used in vehicles, on board ships, and aircraft, additional requirements (from other applicable standards, National Rules, etc...) may be necessary;

– measures to protect the **enclosure** and the components inside the enclosure against external influences like fungus, vermin , termites, solar-radiation, and icing should also be considered;

– the different conditions for transportation, storage, and operation of the **transformers** should also be considered;

– additional requirements in accordance with other appropriate standards and national rules may be applicable to **transformers** intended for use in special environments, such as tropical environment

NOTE 7 Future technological development of **transformers** may necessitate a need to increase the upper limit of the frequencies; until then this standard may be used as a guidance document.

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 60065:2001, *Safety requirements for mains operated electronic and related apparatus for household and similar general use*

IEC 60068-2-2:1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test FC: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-32, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ed: Free fall*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Eh: Hammer tests*

IEC 60076-1, *Power transformers – Part 1: General*

IEC 60083, *Plugs and socket-outlets for domestic and similar general use standardized in member countries of IEC*

IEC 60085:1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 60112:2003, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60127-3, *Miniature fuses – Part 3: Sub-miniature fuse-links*

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

IEC 60227 (all parts), *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V*

IEC 60245 (all parts), *Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V*

IEC 60269 (all parts), *Low voltage fuses*

IEC 60269-2, *Low voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application)*

IEC 60269-2-1, *Low voltage fuses – Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Sections I to VI: Examples of types of standardized fuses*

IEC 60269-3, *Low voltage fuses – Part 3: Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar applications)*

IEC 60269-3-1, *Low voltage fuses – Part 3: Supplementary requirements for fuses for use by unskilled persons (fuses mainly for household and similar applications) – Sections I to IV: examples of types of standardized fuses*

IEC 60309 (all parts), *Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes*

IEC 60317 (all parts), *Specifications for particular types of windings wires*

IEC 60320 (all parts), *Appliance couplers for household and similar general purposes*

IEC 60320-2-3, *Appliance couplers for household and similar general purposes – Part 2-3: Appliance couplers with a degree of protection higher than IPX0*

IEC 60384-14, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification: Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains*

IEC 60417-DB:2002[2)], *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60449:1973, *Voltage bands for electrical installations of buildings*

---

2) "DB" refers to the IEC on-line database.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

IEC 60454 (all parts), *Specification for pressure-sensitive adhesive tapes for electrical purposes*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60664-1:1992, *Insulation co-ordination for equipment within low voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

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

IEC 60691:2002, *Thermal-links – Requirements and application guide*

IEC 60695-2-10, *Fire hazard testing – Part 2-10: Glowing/hot-wire based test methods – Glow-wire apparatus and common test procedure*

IEC 60695-2-11:2000, *Fire hazard testing – Part 2-11: Glowing/hot-wire based test methods-Glow-wire flammability test method for end-products*

IEC 60695-10-2, *Fire hazard testing – Part 10-2: Abnormal heat – Ball pressure test*

IEC 60730 (all parts), *Automatic electrical controls for household and similar use*

IEC 60730-1:1999, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 1: General requirements*

IEC 60851-3:1996, *Winding wires – Test methods: Part 3: Mechanical properties*

IEC 60851-5:1996, *Winding wires – Test methods: Part 5: Electrical properties*

IEC 60851-6:1996, *Winding wires – Test methods: Part 5: Thermal properties*

IEC 60884-1:2002, *Plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 60884-2-4, *Plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 2: Particular requirements for plugs and socket-outlets for SELV*

IEC 60898 (all parts), *Electrical accessories – Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations*[3])

IEC 60906-1, *IEC System of plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 1: Plugs and socket-outlets 16 A 250 V a.c.*

IEC 60906-3, *IEC System of plugs and socket-outlets for household and similar purposes – Part 3: SELV plugs and socket-outlets, 16 A 6 V, 12 V, 24 V, 48 V, a.c. and d.c.*

IEC 60947-7-1, *Low-voltage switchgear and controlgear – Part 7: Ancillary equipment – Section 1: Terminal blocks for copper conductors*

IEC 60990:1990, *Methods of measurement of touch current and protective conductor current*

---

3) IEC 60898-2 is published under the general title *Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations* (i.e. without the element of “Electrical accessories” in the title).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

IEC 60998-2-1, *Connecting devices for low voltage circuits for household and similar purposes – Part 2-1: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screw-type clamping units*

IEC 60998-2-2, *Connecting devices for low voltage circuits for household and similar purposes – Part 2-2: Particular requirements for connecting devices as separate entities with screwless-type clamping units*

IEC 60999-1, *Connecting devices – Safety requirements for screw-type and screwless-type clamping units for electrical copper conductors – Part 1: General requirements and particular requirements for conductors from 0,5 mm^2 up to 35 mm^2 (included)*

IEC 61032:1997, Protection of persons and equipment by enclosures - Probes for verification

IEC 61058-1:2000, *Switches for appliances – Part 1: General requirements*

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

ISO 4046-4:2002, *Paper, board, pulp and related terms – Vocabulary*

ISO 8820 (all parts), *Road vehicles – Fuse-links*

3 Terms and definitions

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

Further definitions of **transformers** intended for particular use are indicated in the relevant parts 2.

When the term **transformer** is used it covers **transformer**, **reactor** and **power supply** where applicable.

Unless otherwise specified, the terms “voltage” and “current” imply the r.m.s. values of alternating voltage and current, and for direct voltage and current, they imply the corresponding arithmetic mean values.

"Ripple-free" is conventionally an r.m.s. ripple voltage not more than 10 % of the d.c. component.

An index of often used terms and definitions” is provided at the end of this document.

3.1 Transformers

3.1.1
(power) transformer
static piece of apparatus with two or more windings which, by electromagnetic induction, transforms a system of alternating voltage and current into another system of voltage and current usually of different values and at the same frequency for the purpose of transmitting electrical power

[IEV 421-01-01]

NOTE The term frequency also implies that the waveform remains the same.

3.1.2
isolating transformer
transformer with **protective separation** between the **input winding(s)** and **output winding(s)**

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.1.3
safety isolating transformer
isolating transformer designed to deliver **SELV** (safety extra-low voltage) or **PELV** (protective extra-low voltage)

3.1.4
separating transformer
transformer with **input winding**(s) separated from the **output winding**(s) by at least **basic insulation**

3.1.5
Void

3.1.6
associated transformer
transformer designed to supply a specific appliance or equipment, or a part of them, and being either an **incorporated transformer** or a **transformer for specific use**

3.1.6.1
incorporated transformer
associated transformer designed to be built into a specific appliance or equipment, or into a part of them, and the **enclosure** of which provides protection against electric shock

3.1.6.2
transformer for specific use
associated transformer fixed to or delivered with the appliance or equipment, without being incorporated in this appliance or equipment and having its own **enclosure** which provides protection against electric shock

3.1.7
independent transformer
transformer designed to supply unspecified appliances and intended to be used without any additional **enclosure** which provides protection against electric shock

NOTE Such a **transformer** can be either a portable **transformer** or a stationary **transformer**.

3.1.8
Void

3.1.9
short-circuit proof transformer
transformer not exceeding the specified temperature limits when overloaded or short-circuited, and which continues to meet all the requirements of this standard after removal of the overload or short-circuit and is not required to operate continuously under short-circuit or overload condition

NOTE "Continues to meet all the requirements of this standard" does not imply that all types of short-circuit proof **transformers** continue to operate.

3.1.9.1
non-inherently short-circuit proof transformer
short-circuit proof transformer equipped with a protective device or with an intentional weak part which opens the **input circuit** or the **output circuit**, or reduces the current in the **input circuit** or the **output circuit** when the **transformer** is overloaded or short-circuited, and continues to meet all the requirements of this standard after removal of the overload or short circuit

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.1.9.1.1
non-inherently short-circuit proof transformer with resettable, self-resetting or replaceable protective device
short-circuit proof transformer equipped with a protective device which after resetting or replacing continues to operate

NOTE Examples of self-resetting or non self-resetting protective devices are fuses, **overload relays**, thermal fuses, thermal links, **thermal cut-outs** and PTC resistors and automatic break-off mechanical devices.

3.1.9.1.2
non-inherently short-circuit proof transformer with non-self-resetting or non-replaceable protective device
short-circuit proof transformer equipped with a non-self-resetting or non-replaceable protective device or with a non-replaceable intentional weak part, which continues to meet all the requirements of this standard after removal of the overload or short circuit, but does not continue to operate after the overload or short-circuit is removed

3.1.9.2
inherently short-circuit proof transformer
short-circuit proof transformer not equipped with any device for protection against overload or short circuit. The **transformer** by construction does not exceed the specified temperature limits, and continues to operate and meet all the requirements of this standard after the removal of the overload or short circuit

3.1.10
non-short-circuit proof transformer
transformer intended to be protected against excessive temperature by means of a protective device, not provided with but stated on the **transformer**, and which continues to meet all the requirements of this standard after the removal of the overload or short circuit and, if applicable, after resetting or replacing the protective device

3.1.11
fail-safe transformer
transformer equipped with a protective device or with an intentional weak part, which permanently fails to function by the interruption of the **input circuit** when the **transformer** is overloaded or short-circuited**,** but presents no danger to the user or surroundings. It continues to meet all the requirements of this standard after removal of the overload or short circuit .

NOTE "Continues to meet all the requirements of this standard" does not imply that the fail-safe **transformer** continues to operate, After failing it fulfils the dielectric strength test based on 35 % of the original values (see 15.5).

3.1.12
portable transformer
either a **transformer** which is moved while in operation, or a **transformer** which can easily be moved from one place to another while connected to the supply or being a plug-in **transformer**

3.1.13
flush-type transformer
transformer designed to be mounted in a flush-type mounting box

3.1.14
fixed transformer
transformer intended to be used while fastened to a support in a position which may be specified by the manufacturer

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.1.15
stationary transformer
either a **fixed transformer** or a **transformer** having a mass exceeding 18 kg and provided with no carrying handle(s)

3.1.16
hand-held transformer
portable **transformer** intended to be held in the hand during normal use

3.1.17
void

3.1.18
dry-type transformer
transformer incorporating non-liquid dielectric media, and the windings may be impregnated or encapsulated

3.1.19
power supply
electronic device incorporating **transformer(s)** and electronic circuitry(ies), that converts electrical power into single or multiple power outputs. It may also isolate the **input circuit** from the **output circuit**, and regulate and/or convert the output voltage and current. The device may consist of one or more individual units with identical or different waveforms and frequencies including d.c. output, and the **internal operating frequency** and waveform are different from the supply frequency and waveform and the **internal operating frequency** does not exceed 500 Hz

3.1.20
switch mode power supply
electronic device incorporating **transformer(s)** and electronic circuitry(ies), that converts electrical power into single or multiple power outputs. It may also isolate the **input circuit** from the **output circuit**, and regulate and/or convert the output voltage and current. The device may consist of one or more individual units with identical or different waveforms and frequencies including d.c. output, and the **internal operating frequency** and waveform are different from the supply frequency and waveform and the **internal operating frequency** does exceed 500 Hz, but not exceed 100 MHz

3.1.21
reactor
arrangement comprising one or more windings with an impedance depending on the frequency, working in accordance with the principle of self-induction whereby a magnetising current generates a magnetic field through a magnetically effective core or through air

NOTE **Reactors** with toroïdal core are also included in this definition

3.2 General terms

3.2.1
external flexible cable or cord
flexible cable or cord for external connection to the **input** or **output circuit**, fixed to or assembled with the **transformer** according to one of the following methods of attachment:

– **type X attachment**

  method of attachment enabling easy replacement of the ordinary or especially prepared cable or cord;

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

– **type Y attachment**

method of attachment intended to be replaced only by the manufacturer, his service agent, or similar qualified person;

NOTE **Type Y attachments** may be used either with ordinary flexible cables or cords, or with special cables or cords.

– **type Z attachment**

method of attachment preventing replacement of the flexible cable or cord without breaking or destroying a part of the **transformer**.

3.2.2
power supply cord
external flexible cable or cord used to supply the **input circuit**

NOTE **Power supply cords** are:

– fixed to or assembled with the **transformer** by type **X, Y** or **Z attachment**, or

– connected to the **transformer** by an appliance coupler.

3.2.3
connecting leads
lead connecting the end of a winding to the terminal of the **transformer**

NOTE **Connecting leads** are considered as an internal wire.

3.2.4
body
accessible **conductive parts**, shafts, handles, knobs, grips and the like, accessible metal fixing screws and metal foil applied on accessible surfaces of insulating material

3.2.5
accessible part
parts which may be touched with the standard test finger after correct installation of the **transformer**

3.2.6
detachable part
part which can be removed without the aid of a **tool**

3.2.7
non-detachable part
part which can be removed only with the aid of a **tool**

3.2.8
tool
screwdriver, a coin, or any other object which may be used to operate a screw or similar fixing means

3.2.9
enclosure
part providing protection of the **transformer** against certain external influences and, in any direction, protection against direct contact

(IEV 826-03-12:1982)

NOTE Examples of external influences are mechanical impacts, corrosion, fungi, vermin, solar radiation, icing and moisture.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.2.10
intermediate conductive part
non-accessible conductive part situated between **hazardous live parts** or the **body** and other hazardous live part

3.2.11
conductive part
metal parts and non metal parts having a degree of conductivity equivalent to metal parts

3.2.12
electronic component
part in which conduction is achieved principally by electrons moving through a vacuum, gas or semiconductor

NOTE Neon indicators are not considered to be electronic components

3.2.13
electronic circuit
circuit incorporating at least one electronic component

3.2.14
void

3.2.15
electrical separation
separation between conductive parts by means of air and/or solid insulation

3.3 Operations and protections

3.3.1
all pole disconnection
disconnection of all supply conductors by a single switching action

NOTE 1 **protective earth conductor** is not considered to be a supply conductor.

NOTE 2 A neutral conductor is considered to be a supply conductor.

NOTE 3 National wiring rules may or may not require the disconnection of the neutral conductor.

3.3.2
thermal cut-out
temperature sensitive device which limits the temperature of a **transformer**, or of parts of it, during abnormal operation by automatically opening the circuit or by reducing the current, and which is so constructed that its setting cannot be altered by the user

3.3.3
self-resetting thermal cut-out
thermal cut-out which automatically restores the current after the relevant part of the **transformer** has cooled down sufficiently, or the load has been removed

3.3.4
non-self-resetting thermal cut-out
thermal cut-out requiring manual resetting or replacement of a part to restore the current

3.3.5
thermal-link
thermal cut-out which operates only once

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.3.6
overload relay
current-operated switch which protects a circuit from overload by opening when the current in that circuit reaches a predetermined value and which remains in the open position

3.3.7
intentional weak part
part other than overload protective device (fuses, circuit-breaker, thermal cut-outs, ...) intended to rupture under conditions of abnormal operation to prevent the occurrence of a condition which could impair compliance with this standard. Such a part may be a replaceable component, such as a resistor or a capacitor or a non replaceable part of a component such as an inaccessible weak point in a winding

3.3.8
working voltage
highest r.m.s. value of the a.c. or d.c. voltage which may occur (locally) across any insulation at **rated supply voltage** under no-load or normal operating conditions, transients being disregarded

NOTE 1 When considering the insulation system between windings not intended to be connected together, the **working voltage** is considered to be the highest voltage occurring on any of these windings.

NOTE 2 On three phase systems the **working voltage** can be different from the nominal voltage

3.3.9
short-circuit voltage
voltage to be applied to the **input winding**, when the windings are at ambient temperature, to produce in the short-circuited **output winding** a current equal to the **rated output current**

NOTE The **short-circuit voltage** is usually expressed as a percentage of the **rated supply voltage**.

3.3.10
duty-type
continuous or conventional periodic duty consisting of one or more sets of loads remaining constant for the durations specified

3.3.10.1
continuous duty
operation for an unlimited period

3.3.10.2
short-time duty cycle
operation for a specified period, starting from cold, the intervals between each period of operation being sufficient to allow the **transformer** to cool down to approximately ambient temperature

3.3.10.3
intermittent duty cycle
operation in a series of specified identical cycles

3.3.11
protective earth conductor
PE
conductor provided for purposes of safety, for example protection against electric shock

(IEV 195-02-09)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.4 Circuits and windings

3.4.1
input circuit
circuit intended to be connected to the supply consisting of the **input winding** and the **internal circuits**

3.4.2
output circuit
circuit to which the distribution circuit, appliance or other equipment is to be connected, consisting of the **output winding** and the **internal circuits**

3.4.3
input winding
winding of the **input circuit**

3.4.4
output winding
winding of the **output circuit**

3.4.5
internal circuit
circuit which consists of components, interconnections and connections to the terminals and the windings, excluding protective earth circuit

3.4.6
insulated winding wire
wire with an insulation meeting the requirements of Annex K for use in windings

3.5 Ratings

3.5.1
rated supply voltage
supply voltage (for polyphase supply, the phase-to-phase voltage) assigned to the **transformer** by the manufacturer for the specified operating conditions of the **transformer**

3.5.2
rated supply voltage range
supply voltage range assigned to the **transformer** by the manufacturer, expressed by its lower and upper limits

3.5.3
rated frequency
frequency assigned to the **transformer** by the manufacturer for the specified operating conditions of the **transformer**

3.5.3.1
rated supply frequency
frequency on the input of the **transformer** assigned by the manufacturer

NOTE The supply frequency is the frequency of the mains.

3.5.3.2
internal operational frequency
highest internal frequency assigned by the manufacturer as the operating frequency of a **transformer** or other components built into a **power supply**

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.5.4
rated output current
output current at **rated supply voltage, rated supply frequency and rated output voltage, at rated power factor**, assigned to the **transformer** by the manufacturer for the specified operating conditions of the **transformer**

3.5.5
rated output voltage
output voltage (for polyphase supply, the phase-to-phase voltage) at **rated supply voltage**, **rated supply frequency** and **rated output current**, at **rated power factor**, assigned to the **transformer** by the manufacturer for the specified operating conditions of the **transformer**

3.5.6
rated power factor
power factor assigned to the **transformer** by the manufacturer for the specified operating conditions of the **transformer**

3.5.7
rated output
product of the **rated output voltage** and the **rated output current** or, for three-phase **transformers**, $\sqrt{3}$ times the product of the **rated output voltage** and the **rated output current**. If the **transformer** has more than one **output winding** or a tapped **output winding**, the **rated output** denotes the maximum sum of the products of **rated output voltage** and **rated output current** for **output circuits** intended to be loaded simultaneously

3.5.8
rated ambient temperature
t_a
maximum temperature at which the **transformer** may be operated continuously under normal conditions of use

NOTE The value of the **rated ambient temperature** (t_a) does not preclude temporary operation of the **transformer** at a temperature not exceeding (t_a + 10) °C.

3.5.9
rated minimum ambient temperature
t_{amin}
minimum temperature at which the **transformer** may be operated continuously under normal conditions of use

3.5.10
t_w
rated maximum operating temperature of a **transformer** winding, the winding temperature being assigned by the manufacturer as the highest temperature at which the **transformer** may be expected to have a specified service life during **continuous operation**

3.6 No-load values

3.6.1
no-load input
input of the **transformer** when connected to **rated supply voltage** at **rated supply frequency**, with no load on the output

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.6.2
no-load output voltage
output voltage when the **transformer** is connected to **rated supply voltage** at **rated supply frequency**, with no load on the output

3.7 Insulation

3.7.1
basic insulation
insulation applied to **hazardous live parts** to provide basic protection against electric shock

NOTE **Basic insulation** does not necessarily include insulation used exclusively for functional purposes, for example wire enamel.

[IEC 61140, definition 3.10.1, modified]

3.7.2
supplementary insulation
independent insulation applied in addition to **basic insulation** in order to provide protection against electric shock in the event of failure of the **basic insulation**

[IEC 61140, definition 3.10.2, modified]

3.7.3
double insulation
insulation comprising **basic insulation** plus **supplementary insulation**

[IEC 61140, definition 3.10.3, modified]

3.7.4
reinforced insulation
single insulation system applied to **hazardous live parts**, which provides a degree of protection against electric shock equivalent to **double insulation**

NOTE The term "insulation system" does not imply that the insulation is one homogeneous piece. It may comprise several layers which cannot be tested singly as **supplementary** or **basic insulation**.

[IEC 61140, definition 3.10.4, modified]

3.7.5
class I transformer
transformer in which protection against electric shock does not rely on **basic insulation** only, but which includes an additional safety precaution in such a way that means, such as a protective earth terminal, are provided for the connection of accessible **conductive parts** to the **protective earth conductor** in the fixed wiring of the installation, so that accessible **conductive parts** cannot become live in the event of a failure of the **basic insulation**

NOTE **Class I transformers** may have parts with **double** or **reinforced insulation.**

3.7.6
class II transformer
transformer in which protection against electric shock does not rely on **basic insulation** only, but in which additional safety precautions such as **double insulation** or **reinforced insulation** are provided, there being no provision for protective earthing or reliance upon installation conditions

NOTE 1 A **class II transformer** may be provided with means for maintaining the continuity of protective earth circuits, provided that such means are inside the **transformer**, and are insulated from accessible surfaces according to the requirements of **class** II.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 2 In certain cases, it may be necessary to distinguish between "all insulated" and "metal encased" **class II transformers**.

NOTE 3 A **transformer** having a durable and substantially continuous **enclosure** of insulating material which envelops all **conductive parts**, with the exception of small **conductive parts**, such as nameplates, screws and rivets, which are isolated from **hazardous live parts** by insulation at least equivalent to **reinforced insulation**, is called an all insulated **class II transformer**.

NOTE 4 A **transformer** having a substantially continuous metal **enclosure**, in which **double insulation** is used throughout, except for those parts where **reinforced insulation** is used because the application of **double insulation** is manifestly impracticable, is called a metal encased **class II transformer**.

NOTE 5 If a **transformer** with **double insulation** and/or **reinforced insulation** throughout has a protective earth terminal, it is deemed to be of **class** I construction.

NOTE 6 A **class II transformer** may be provided with functional earth circuit.

3.7.7
class III transformer
transformer in which protection against electric shock relies on supply at **SELV**, and in which voltages higher than those of **SELV** are not generated

NOTE The classification I, II or III does not refer to the insulation system between **input windings** and **output windings**.

3.7.8
clearance
shortest distance in air between two **conductive parts**

(IEC 60664-1, definition 1.3.2)

NOTE For the purpose of determining a **clearance** to **accessible parts**, the accessible surface of an insulating **enclosure** is to be considered conductive as if it were covered by a metal foil wherever it can be touched by the standard test finger (see Figure 2).

3.7.9
creepage distance
shortest distance (through air) along the surface of an insulating material between two **conductive parts**

(IEC 60664-1, definition1.3.3, modified)

NOTE For the purpose of determining a **creepage distance** from **transformer conductive parts** to **accessible parts**, the accessible surface of an insulating **enclosure** is to be considered conductive as if it were covered by a metal foil wherever it can be touched by the standard test finger (see Figure 2).

3.7.10
pollution
any addition of foreign matter, solid, liquid, or gaseous, that can result in a reduction of dielectric strength or surface resistivity of the insulation

(IEC 60664-1, definition 1.3.11)

3.7.11
micro-environment
immediate environment of the insulation, which particularly influences the dimensioning of the **creepage distances** or **clearances**

(IEC 60664-1, definition 1.3.12.2, modified)

NOTE The **micro-environment** of the **creepage distance** or **clearance** and not the environment of the equipment determines the effect on the insulation. The **micro-environment** might be better or worse than the environment of the equipment. It includes all factors influencing the insulation, such as climatic and electromagnetic factors and generation of **pollution**, etc.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.7.12
degrees of pollution
degrees of pollution in the **micro-environment** established for the purpose of evaluating **clearances** and **creepage distances**

3.7.12.1
pollution degree 1
P1
pollution degree in which no **pollution** or only dry, non-conductive **pollution** occurs. The **pollution** has no influence

3.7.12.2
pollution degree 2
P2
pollution degree in which only non-conductive **pollution** occurs, except that occasionally a temporary conductivity caused by condensation is to be expected

NOTE **Transformers** having a reasonably tight **enclosure** are considered to have **pollution degree 2** (P2), hermetic sealing is not required.

3.7.12.3
pollution degree 3
P3
pollution degree in which conductive **pollution** occurs, or dry non-conductive **pollution** occurs which becomes conductive due to the condensation which is to be expected

3.7.13
protective separation
separation between circuits by means of basic and supplementary protection (**basic insulation** plus **supplementary insulation** or **protective screening**) or by an equivalent protective provision (for example **reinforced insulation**) (based on definition 3.24 of IEC 61140)

3.7.14
protective screening
separation from **hazardous live parts** by means of an interposed conductive screen, connected to the means of connection for an external protective earth conductor (based on definition 3.22 of IEC 61140)

3.7.15
ELV (extra-low voltage)
voltage which does not exceed 50 V a.c. or 120 V ripple free d.c. between conductors, or between any conductor and earth (voltage band 1 of IEC 60449)

3.7.16
SELV (safety extra low voltage)
ELV in a circuit which is isolated from the mains supply by such means as a **safety isolating transformer**

NOTE 1 Maximum voltage lower than 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. may be specified in particular requirements, especially when direct contact with **live parts** is allowed.

NOTE 2 " The maximum peak value does not exceed 140 V for a nominal 120 V ripple-free d.c. system and 70 V for a nominal 60 V ripple-free d.c. system.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.7.17
SELV-circuit
ELV circuit with **protective separation** from other circuits, and which has no provisions for earthing of the circuit nor of the exposed **conductive parts**

3.7.18
PELV-circuit (protective extra low voltage)
ELV circuit with **protective separation** from other circuits and which, for functional reasons, may be earthed and/or the exposed **conductive parts** of which may be earthed

NOTE **PELV-circuits** are used where the circuits are earthed and **SELV** is not required.

3.7.19
FELV-circuit (functional extra low voltage)
ELV circuit having the **ELV** voltage for functional reasons and not fulfilling the requirements for **SELV** or **PELV**

3.7.20
live part
conductor or conductive part intended to be energised in normal operation, including a neutral conductor, but by convention not a PEN conductor or PEM conductor or PEL conductor

[IEV 195-02-19]

NOTE 1 This concept does not necessarily imply a risk of electric shock.

NOTE 2 For definitions of PEM and PEL see IEV 195-02-13 and 195-02-14

3.7.21
hazardous live part
live part which, under certain conditions, can give a harmful electric shock

[IEV 195-06-05]

NOTE In case of high voltage, a hazardous voltage may be present on the surface of solid insulation. In such a case, the surface is considered to be a **hazardous live part**

[IEC 61140, definition 3.5].

3.7.22
functional insulation
insulation between parts of different potential which, in general, is necessary only for the proper functioning of the **transformer**.

NOTE 1 For **transformers**, proper functioning may have influence on the safety. **Functional insulation** is checked by the requirements of this standard but additional requirements may exist in parts 2.

NOTE 2 **Functional insulation** is only applicable inside the windings between turns of the same winding.

3.8 Touch current and protective earth conductor current

3.8.1
touch current
electric current passing through a human body or through an animal body when it touches one or more accessible parts of an installation or of equipment

(IEV 195-05-21)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.8.2
protective earth conductor current
current which flows in a protective earth conductor

NOTE This current may have influence on the operation of RCD's (residual current protection devices) connected in the same circuit.

4 General requirements

4.1 **Transformers** shall be so designed and manufactured that when used, installed and maintained according to the manufacturer's instructions, they cause no danger which could reasonably be foreseen to persons or surroundings, even in the event of careless use as may occur in normal service.

In general, compliance is checked by carrying out all the relevant tests.

4.2 *When **associated transformers** are used in an appliance or equipment for which a relevant appliance or equipment standard exists, they may be tested under the conditions present in the appliance or equipment for which they are intended.*

*If a **transformer** is tested under the conditions present in the appliance or equipment for which it is intended, it shall comply with the following clauses or subclauses thereof of this standard:*

1 – 2 – 3 – 4 – 5.1 – 5.2 – 5.3 – 5.4 – 5.5 – 5.6 – 5.7 – 5.12 – 7.1 – 7.2 – 7.5 – 7.6 – 8.2 – 8.11 – 14.1 – except for the requirements in Table 1 *starting with the first: "external **enclosures"**..., 14.2 – 14.3 – 15.1, restricted to the first box of Table 3 – 18.1 – 18.2 – 18.3, except items 3 and 4 of Table 8a – 18.4 – 19.1 – 19.12 – 20.9 – 26.1 – 26.2 – 26.3 – Annexes A, C, D, G, L, M, N, P.*

Other clauses shall be taken from the relevant product standard. If the product standard does not fully cover the remaining clauses, the corresponding missing clauses of this **transformer** standard shall be used instead.

5 General notes on tests

5.1 Tests according to this standard are:

– type tests (defined from 8.15, and Clause 9 through Clause 28);

– routine tests (defined in Annex L).

*Each sample **transformer** shall comply with all the relevant tests. In order to reduce the testing time and allow for any tests which may be destructive, the manufacturer may submit additional **transformers** or parts of **transformers**, provided that they are of the same materials and designs as the original **transformer**, and that the results of the tests are the same as if carried out on an identical **transformer**. Where the test for compliance is shown as being "by inspection", this shall include any necessary handling.*

***Transformers** intended to be used with **non-detachable** flexible cables or cords are tested with the flexible cable or cord connected to the **transformer**.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.2 *Tests are carried out on specimens as delivered and installed as in normal use taking into account the manufacturer's installation instructions. If it is not necessary to do the tests of 14.3, 15.5, 16.4 and 26.2, the number of specimens is one for all* ***rated outputs****.*

If the tests of 14.3 need to be performed, three additional specimens shall be used. Three more specimens are required if the tests need to be repeated.

If the tests of 15.5 need to be performed, three additional specimens shall be used. These specimens are used only for the tests of 15.5.

If the tests of 16.4 need to be performed, they are carried out on four additional specimens.

If the tests of 26.2 need to be performed, they are carried out on three additional specimens.

For components tested under conditions prevailing in the ***transformer****, the number of specimens is that required by the relevant standard.*

For testing a series of ***transformers****, see Annex B.*

All specimens shall withstand all the relevant tests, except as mentioned in 14.3.

NOTE 1 For **associated transformers**, the equipment standard may prescribe other numbers of specimens to be tested.

NOTE 2 In case of non-replaceable and non-resettable protective devices the compliance is checked on a specially prepared specimen.

5.3 *Tests are carried out in the order of the clauses and subclauses, unless otherwise specified.*

5.4 *If the test results are not influenced by the temperature of the ambient air, the ambient temperature is, in general, maintained at (20 ± 5) °C. Otherwise and if, however, the temperature attained by any part is limited by a temperature-sensitive device, or is influenced by the temperature at which a change of state occurs, the ambient temperature is, in case of doubt, maintained at (23 ± 2) °C or* t_a *± 2 °C for* ***transformers*** *with* t_a *marking.*

The tests are carried out with the ***transformer****, or any movable part of it, placed in the most unfavourable position that may occur in normal use.*

5.5 *For a.c., test voltages are of substantially sinusoidal wave form, and, if not otherwise specified, have a frequency of 50 Hz or 60 Hz.*

5.6 ***Transformers*** *designed for more than one* ***rated supply voltage****, for a* ***rated supply voltage range*** *or for more than one* ***rated supply frequency****, are tested, unless otherwise specified in this standard, at the supply voltage or supply frequency that results in the most severe test conditions for the* ***transformer****.*

5.7 *As far as possible, measurements are made with instruments which do not appreciably affect the values to be measured; if necessary, corrections shall be made.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.8 *Unless otherwise specified,* ***transformers*** *intended to be used with* ***external flexible cable or cords*** *are tested with a cord(s) (see definition 3.2.1) connected to the* ***transformer****.*

5.9 *If* ***class I transformers*** *have accessible conductive parts which are not connected to a protective earth terminal or protective earth contact, and are not separated from* ***hazardous live parts*** *by an* ***intermediate conductive part*** *which is connected to a protective earth terminal or protective earth contact, such parts are checked for compliance with the appropriate requirements specified for* ***class II transformers*** *in this standard.*

5.10 *A* ***flush-type transformer*** *is tested with an appropriate flush-mount box of insulating material. This box is placed in an* ***enclosure*** *as indicated in Figure 1, made from plywood, with a thickness of 20 mm, the inside painted dull black, and the distance between the back of the mounting box and the rear wall of the* ***enclosure*** *being 5 mm.*

5.11 ***Transformers for specific use*** *for which there are no relevant appliance or equipment standards are tested as* ***transformers*** *for general use, their rating being considered as the power consumption and power factor of the appliance(s) or equipment for which they are designed.*

5.12 Void

5.13 *IP00* ***transformers*** *with unknown end application, are tested without adding an* ***enclosure****.*

For these ***transformers****, the requirements of Clause 9 are not applicable. Furthermore, the test in 27.2 is not performed as the result may be influenced by the* ***enclosure*** *in the final application, for example on the fixing point of the* ***transformer*** *fixed on plastic support. For the fault condition test, if applicable, the product standard for the final product applies.*

5.14 *IP00* ***transformers****, with known end application, are mounted and tested in accordance with the manufacturer's instructions.*

5.15 The tests in Clauses 18 and 26 are based on an elevation of 2 000 m above sea level. If tested in elevations in excess of 2 000 m above sea level, Annex A of IEC 60664-1 applies.

6 Ratings

Ratings are indicated in the relevant part 2 for different types of **transformers** and in Annex U for t_w marked **transformers**.

7 Classification

7.1 Transformers are classified:

According to their protection against electric shock:

– **class I transformers;**

– **class II transformers;**

– **class III transformers.**

NOTE **Incorporated transformers** are not classified; their degree of protection against electric shock is determined by the way in which the **transformer** is incorporated.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.2 According to short-circuit protection or protection against abnormal use:

– **inherently short-circuit proof transformers;**
– **non-inherently short-circuit proof transformers;**
– **non-short-circuit proof transformers;**
– **fail-safe transformers.**

7.3 According to the degree of protection ensured by the **enclosure** and defined in accordance with IEC 60529 (IP code) except IP1X

NOTE For further information see Annex Q.

7.4 According to their mobility:

– **stationary transformers;**
– **fixed transformers;**
– **portable transformers;**
– **hand-held transformers.**

7.5 According to their duty type:

– **continuous duty;**
– **short-time duty cycle;**
– **intermittent duty cycle.**

7.6 According to the intended use:

7.6.1 Associated

– **incorporated;**
– **for specific use.**

7.6.2 Independent

7.7 Optionally (only for t_w marked **transformers**), according to the rated maximum operating temperature of the winding, t_w, and corresponding estimated life expectancy under specified conditions

– t_{w5} for 5 years continuous operation
– t_{w10} for 10 years continuous operation
– t_{wn} where n stands for number of years other than the above

7.8 According to the environmental conditions where they are intended to be used:

– normal environment
– special environments (e.g. arctic, etc.)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

8 Marking and other information

8.1 **Transformers** shall be marked with the:

a) rated supply voltage(s) or the rated supply voltage range(s) in volts;

Transformers having a range of rated values and able to operate without adjustment throughout the range, shall be marked with the lower and the upper limits of the range separated by a hyphen.

NOTE 1 Example 115 V – 230 V: the **transformer** is suitable for any value between 115 V and 230 V.

Transformers having different rated values, and which have to be adjusted for use at a particular value by the user or installer, shall be marked with the different values separated by an oblique stroke.

NOTE 2 Example 1: 115 V / 230 V: the **transformer** is only suitable for 115 V or 230 V (e.g. a **transformer** with a selector switch or different sets of terminals).

NOTE 3 Example 2: 230 V/400 V: The **transformer** is only suitable for 230 V or 400 V where 230 V is for single-phase operation and 400 V for three-phase operation (e.g., a **transformer** with terminals for both supplies).

b) **rated output voltage**(s) in volts or kilovolts;

For **transformers** incorporating a rectifier, the **rated output voltage** after the rectifier shall be marked with the arithmetic mean value, or the output voltage before the rectifier shall be expressed as an r.m.s. value.

NOTE 4 An r.m.s. value is distinguished from an arithmetic mean value by the use of r.m.s. in the marking.

c) **rated output** in volt-amperes or kilovolt-amperes and volt-amperes reactive or kilovolt-amperes reactive for reactors;

NOTE 5 For **transformers** incorporating a rectifier, the **rated output** may be expressed in watts, instead of volt-amperes or kilovolt-amperes.

d) **rated output current**(s) in amperes or milliamperes as an alternative to the marking of the **rated output**;

e) rated supply frequency(ies) in hertz;

f) **rated power factor**, if other than unity for **transformers** rated above 25 VA;

g) symbol or abbreviation AC for alternating current or DC for direct current output;

h) symbol indicating the kind of **transformer** as indicated in the relevant part 2; if an IP00 **transformer** or and **associated transformers** have circuits corresponding to different parts 2 in the same construction (e.g. **SELV output circuit** according to Part 2-6 and 230 V **output circuit** according to Part 2-4) the relevant symbols have to be used.

i) name or trade mark of the manufacturer or responsible vendor;

j) model or type reference;

k) vector group in accordance with IEC 60076-1 (for three-phase **transformers** if required);

l) symbol for **class II** construction, for **class II transformers** only;

m) symbol for **class III** construction, for **class III transformers** only;

n) indication of the protection index IP, if other than IP00

o) rated maximum ambient temperature t_a, if other than 25 °C;

NOTE 6 It is recommended that the values of t_a are given in steps of 5 °C for $t_a \leq 50$ °C and in steps of 10 °C for $t_a > 50$ °C.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

p) **rated minimum ambient temperature** t_{amin} ,if lower than + 10 °C and if a temperature sensitive device is used.

NOTE 7 It is recommended that the values of t_{amin} are given in steps of 5 °C.

q) duty cycle, if any**,** unless the operating time is limited by the construction of the **transformer** or corresponds to the operating conditions specified in the relevant part 2. The marking of **short-time duty cycle** or **intermittent duty cycle** shall correspond to normal use. The operating time for **transformers** with short-time duty shall be expressed in seconds (s) or minutes (min); the operating time and the resting time of **transformers** with intermittent duty cycle shall be expressed in seconds (s) or minutes (min), separated by an oblique stroke;

r) declared values of the rated maximum operating temperature of the winding, increase in multiples of 5 °C and indication of the rated life expectancy, for t_w-marked **transformers** only

s) **transformers** to be used with forced air cooling where the fan is not a part of the **transformer** shall be marked with “AF” followed by the air speed, expressed in m/s.

t) In addition, the manufacturer shall be prepared to provide the purchaser with the following information (in the literature or otherwise):

– for **stationary transformers** with a **rated output** exceeding 1 000 VA, the **short-circuit voltage** expressed as a percentage of the **rated supply voltage**;

– the electrical function of the **transformer**.

NOTE 8 If the **transformer** has more than one output winding, the short-circuit voltage to be marked is the lowest value for the various windings.

NOTE 9 Additional markings are allowed provided they do not give rise to misunderstanding.

8.2 Transformers with protection index IP00, or **associated transformers**, may be marked with only the name (or trade mark) of the manufacturer or responsible vendor and the type reference (or catalogue reference). Other characteristics shall then be provided in the data sheets of the **transformer** or in the manufacturer's instruction sheet..

NOTE 1 The name of the manufacturer or responsible vendor and the type reference may be replaced by a traceable code.

This information shall enable replacement of the original **transformer** with an equivalent **transformer**.

NOTE 2 Equivalent implies electrically, mechanically, dimensionally and functionally interchangeable.

8.3 If the **transformer** can be adjusted for different **rated supply voltages**, the adjusted voltage shall be easily and clearly discernible.

8.4 Transformers with tapped or multiple **output windings** shall be marked with:

– the **rated output voltage** for each tapping or winding, unless the **transformer** is intended for special purposes involving frequent changes in output voltage;

– the **rated output** for each tapping or winding; if the **rated output** for all tapings or windings is the same, at least one tapping or winding shall be marked.

The arrangement of the connections necessary to obtain the various output voltages shall be clearly indicated on the **transformer**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

8.5 Non-inherently short-circuit proof transformers with incorporated fuses and **non-short-circuit proof transformers** designed to be protected by fuses shall, in addition, be marked with the rated current (amperes or milliamperes) of the protecting fuse-link, followed or preceded by the symbol for the time current characteristics of the fuses in accordance with the relevant publication, if applicable.

Non-inherently short-circuit proof transformers with incorporated replaceable protective devices other than fuses, and **non-short-circuit proof transformers** designed to be protected with protective devices other than fuses shall, in addition, be marked with the manufacturer's model or type reference of the protective device, and/or the ratings of the protective device.

NOTE 1 In addition, a symbol in accordance with Annex V can be used.

NOTE 2 **Non-inherently short-circuit proof transformers** with non-replaceable protective devices need no additional marking regarding the protective device.

The marking shall contain sufficient information to ensure proper replacement of the protective device.

When replaceable protective devices other than fuses are used, appropriate information about their replacement shall be provided in an instruction sheet or the equivalent accompanying the **transformer**.

8.6 Terminals intended exclusively for the neutral conductor shall be identified by the symbol for neutral.

Protective earth terminals shall be identified by the symbol for earthing.

Terminals of **input** and **output windings** shall be clearly identified.

If any point of a winding or a terminal is connected to the frame or core, it shall be marked with the relevant symbol.

8.7 Transformer shall be provided with markings clearly indicating the manner in which the **transformer** is to be connected, unless it is evident from the design of the **transformer**.

8.8 For **transformers** with type **X**, **Y** and **Z attachments**, the instruction sheet shall contain the following information or the equivalent:

– for **type X attachments** having a specially prepared cord:

  "If the **external flexible cable or cord** of this **transformer** is damaged, it shall be replaced by a special cord or assembly available from the manufacturer or his service agent";

– for **type Y attachments**:

  "If the **external flexible cable or cord** of this **transformer** is damaged, it shall be replaced by the manufacturer or his service agent or a similar qualified person in order to avoid a hazard";

– for **type Z attachments**:

  "The **external flexible cable or cord** of this **transformer** cannot be replaced; if the cord is damaged, the **transformer** shall be scrapped".

8.9 Transformers for indoor use only shall be marked with the relevant symbol.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

8.10 Class II transformers shall be marked with the graphical symbol IEC 60417-5172 (DB:2002-10) placed adjacent to the supply information (e.g. on the rating plate), such that it is obvious the symbol is part of the technical information and can in no way be confused with the manufacturer's name or any other identification (see 7.2.3 of IEC 61140).

Class II transformer with parts to be mounted, shall be delivered with all parts which make them class II after mounting according to the mounting instruction of the manufacturer and shall be marked with the class II symbol. Moreover, if the **transformer** can be mounted without the covers (e.g. on a distribution box), the marking for class II shall be placed on a part which, effectively, provides the class II characteristics (e.g., on a cover for terminal to connect to the supply).

8.11 When symbols are used on equipment or in instructions, they shall be as follows:

Symbol or graphical symbol	Explanation or title	Identification
V*	Volts	
A*	Amperes	
VA or (VAR)*	Volt amperes (or volt-amperes reactive for reactors)	
W*	Watts	
Hz*	Hertz	
PRI	Input	
SEC	Output	
⎓	Direct current	IEC 60417-5031 (DB:2002-10
N	Neutral	
~	Alternating current	IEC 60417-5032 (DB:2002-10
3~	Three-phase alternating current	IEC 60417-5032-1 (DB:2002-10
3/N~	Three-phase alternating current with neutral conductor	IEC 60417-5032-2 (DB:2002-10
cos φ	Power factor	
⧈	Class II equipment	IEC 60417-5172 (DB:2003-02
III	Class III equipment	IEC 60417-5180 (DB:2003-02
⏛	Fuse (add symbol for time-current characteristics)	IEC 60417-5016 (DB:2002-10
t_a	Rated maximum ambient temperature	
⏚	Frame or chassis (or core terminal)	IEC 60417-5020 (DB:2002-10
⏚	Protective earth (ground)	IEC 60417-5019 (DB:2002-10
IPXX	IP number**	

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Symbol or graphical symbol	Explanation or title	Identification
	Earth (ground or functional earth)	IEC 60417-5017 (DB:2002-10
	indoor use only	IEC 60417-5957 (DB:2004-12
t_{w5} **yyy**,	For t_w marked **transformer** only with 5 years life expectancy yyy= Rated maximum operating temperature	
t_{w10} **yyy**,	For t_w marked **transformer** only with 10 years life expectancy yyy= Rated maximum operating temperature	
t_{w}**x yyy**,	For t_w marked **transformer** only where x= life expectancy yyy= Rated maximum operating temperature	

* Multiple or submultiples are allowed (e.g. kV, mA...).

** The X used in the IP number in this scheme indicates a missing numeral in the example, but both of the appropriate numerals shall be marked on the **transformer**, if applicable. Additional and supplementary letters mentioned in IEC 60529 may be used if necessary.

8.12 The different positions of regulating devices and the different positions of switches shall be indicated by figures, letters or other visual means.

If numbers are used for indicating the different positions, the "off" position shall be indicated by the figure 0 and the position for a greater output, input, etc. shall be indicated by a higher figure.

The figure 0 shall not be used for any other indication. Indications used shall be comprehensible without the knowledge of languages, national standards, etc.

8.13 Marking shall not be placed on screws or other easily removable parts.

Marking shall, with the exceptions mentioned below, be clearly discernible when the **transformer** is ready for use.

Marking related to the terminals shall be so positioned that it is clearly discernible, if necessary after removal of the cover; it shall be such that there can be no confusion between input terminals and output terminals.

Marking related to the interchangeable protective devices shall be positioned adjacent to the bases of these devices, and shall be clearly discernible after removal of any cover and the protective device.

8.14 Information shall be provided when it is necessary to take special precautions for installation or use (in the catalogue, data sheet or instruction sheet):

– **non-inherently short-circuit proof transformer with non-self-resetting or non-replaceable protective device** and non-replaceable intentional weak parts shall have an information explaining the protective devices cannot be resetted or replaced after a short-circuit or an overload;

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

- for **transformers** generating a **protective earth conductor current** greater than 10 mA and are intended for permanent connection, the **protective earth conductor current** shall be clearly stated in the instruction and indication shall be given that the installation shall be made according to the wiring rules;
- for **associated transformers** and IP00 **transformers**, an informative note shall indicate that a 10 % over or under voltage may appear in the supply and the **rated output** of the **transformer** shall be selected accordingly;
- for **stationary transformers** with a **rated output** exceeding 1 000 VA, the short-circuit voltage expressed as a percentage of the rated supply voltage;
- the electrical function of the **transformer**;
- the limiting temperature of the winding under abnormal conditions which shall be respected when the **transformer** is built into an appliance as information for appliance design;
- for t_w **transformers,** the specified constant *S* other than 4 500 , the symbol *S* together with its appropriate value in thousands, (e.g., "*S*6", if *S* has a value of 6 000);

  NOTE Preferred values of S are: 4 500, 5 000, 6 000, 8 000, 11 000 and 16 000;
- for **transformers** not designed for series and/or parallel connection with more than one output winding, that the **transformer** is not intended for series/parallel connection.

Compliance with the requirements of 8.1 to 8.14 is checked by inspection.

For IP00 **transformers**, if applicable, the test in 27.2 is not performed as the result may be affected by the **enclosure** in the final application.

8.15 Marking shall be durable and easily legible.

Compliance is checked by inspection and by rubbing the marking by hand for 15 s with a piece of cotton cloth soaked with water and again for 15 s with a piece of cotton cloth soaked with petroleum spirit.

The petroleum spirit to be used for the test is aliphatic solvent hexane with an aromatic content of 0,1 % maximum, by volume, a kauributanol value of 29, initial boiling point approximately 65 °C, dry point approximately 69 °C and specific gravity of 0,68 g/cm^3.

Marking made by moulding, pressing or engraving is not subjected to this test.

After all the tests of this standard, the marking shall be easily legible, it shall not be possible to remove labels easily, and they shall show no curling.

9 Protection against electric shock

Transformers shall be enclosed and provided with adequate protection against contact with **hazardous live parts** and shall have no risk of an electric shock from stored charge on capacitors.

Compliance is checked by inspection and by the tests of 9.1.1, 9.1.2 and 9.2.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.1 Protection against contact with hazardous live parts

9.1.1 Determination of hazardous live parts

A **live part** is not a **hazardous live part** if it is separated from the supply by **double** or **reinforced insulation** and the requirements of 9.1.1.1 or 9.1.1.2 are met when **the transformer** is supplied at **rated supply voltage**.

9.1.1.1 The voltage shall not exceed 35 V a.c. peak or 60 V ripple free d.c.

Compliance is checked by measurements carried out between any two conductive parts.

9.1.1.2 Where the voltage exceeds 35 V (peak) a.c. or 60 V ripple free d.c., the touch-current shall not exceed:

– for a.c.: 0,7 mA (peak)
– for d.c.: 2,0 mA.

Compliance is checked by measuring the touch current as stated in Annex J.

*In addition, when a capacitor is connected to the **live parts**:*

9.1.1.2.1 The discharge shall not exceed 45 µC for stored voltages between 60 V and 15 kV, or

9.1.1.2.2 The energy of discharge shall not exceed 350 mJ for stored voltages exceeding 15 kV.

Compliance of 9.1.1.2.1 and 9.1.1.2.2 is checked by measurements carried out with a load of 2 000 Ω.

9.1.2 Accessibility to hazardous live parts

Transformers shall be constructed to provide adequate protection against accessibility to **hazardous live parts**.

Class I and **II transformers** shall be so constructed and enclosed that there is adequate protection against accidental contact **with hazardous live parts**.

For **class I transformers**, accessible parts shall be separated from **hazardous live parts** by at least **basic insulation**.

Class II transformers shall be so constructed and enclosed that there is adequate protection against accessibility to **basic insulation** and to **conductive parts** separated from **hazardous live parts** by **basic insulation** only. Only parts separated from **hazardous live parts** by **double** or **reinforced insulation** may be accessible.

Hazardous live parts shall not be accessible after removal of detachable parts except for:

– lamps having caps larger than B9 and E10
– type D fuse-holders.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 1 IP00 **transformers** shall comply with the end product standard after incorporation in the end product.

The insulating properties of lacquer, enamel, paper, cotton, oxide film on conductive parts and sealing compound shall not be considered as giving the required protection against accidental contact with **hazardous live parts**.

NOTE 2 Self-hardening resins can be relied upon to give the required protection against accidental contact with **hazardous live parts**.

Shafts, handles, operating levers, knobs and the like shall not be **hazardous live parts**.

Compliance is checked by inspection and by the relevant tests of IEC 60529.

*In addition, openings in **class II transformers**, and openings in **class I transformers** other than those in **conductive parts** connected to a protective earth terminal, are tested with the test pin shown in Figure 3.*

The test finger and the test pin are applied, without appreciable force, in every possible position.

*The test finger of Figure 2 is applied without appreciable force, the **transformer** being in every possible position except that **transformers** normally used on the floor and having a mass exceeding 40 kg are not tilted. Through openings, the test finger is applied to any depth that the finger will permit and is rotated or angled before, during and after insertion to any position. If the opening does not allow the entry of the finger, the force on the finger in the straight position is increased to 20 N. If the finger then enters the opening, the test is repeated with the finger in the angled position.*

*It shall not be possible to touch bare **hazardous live parts** or **hazardous live parts** protected only by lacquer, enamel, paper, cotton, oxide film or sealing compound, with the test finger. For **class II transformers**, it shall not be possible to touch conductive parts separated from **hazardous live parts** by **basic insulation** only with the test finger.*

*Moreover it shall not be possible to touch bare **hazardous live parts** with the test pin.*

NOTE 3 This requirement does not apply to lamp caps or socket-outlets.

NOTE 4 In case of doubt, an electrical contact indicator, with a voltage not less than 40 V, is used with a test pin.

9.1.3 Accessibility to non hazardous live parts

Non **hazardous live parts** of the **output circuit** isolated from the **input circuit** by **double** or **reinforced insulation** may be accessible under the following conditions:

– for **no-load output voltages** not exceeding 35 V peak a.c. or 60 V ripple-free d.c., both poles may be accessible.

– for **no-load output voltages** exceeding 35 V peak a.c. or 60 V ripple-free d.c. and not exceeding 250 V a.c., only one of the poles may be accessible.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.2 Protection against hazardous electrical discharge

For **transformers** with a primary supply plug, the pins of the plug shall not be **hazardous live** measured 1s after withdrawal of the plug.

For **transformers** without a primary supply plug, the terminals provided for connecting the **transformer** to the supply source shall not be **hazardous live** measured 5 s after disconnection of the supply source.

NOTE 1 For the purpose of this subclause, plug connectors and appliance inlets are regarded as mains plugs.

Compliance is checked by the following test:

If the nominal capacitance across the pins does not exceed 0,1 µF, no test is conducted.

*The primary supply switch of the **transformer**, if any, is in the off-position, unless it is more unfavourable in the on-position.*

The test shall be carried out 10 times or with a device used to switch off at the most unfavourable electrical angle of the supply voltage.

The voltage is measured between the input terminals or between the supply leads or between the pins of the supply plug used for the connection to the supply source after 1 s or 5 s.

If the voltage exceeds 60 V ripple free d.c., the discharge is measured in the same conditions and shall not exceed 45 µC.

10 Change of input voltage setting

Transformers with more than one **rated supply voltage** shall be so constructed that the voltage setting cannot be changed without the aid of a **tool**.

NOTE As an example, the requirement concerning the voltage setting is met if a **tool** is needed to remove a cover before the voltage setting can be changed.

Transformers which can be set to different **rated supply voltages** shall be so constructed that the indication of the voltage for which the **transformer** is set is discernible on the **transformer** when it is ready for use.

Plug connected **transformers** provided with a device to select the input connections (e.g. by tappings) to adjust supply voltages within a range of not more than 10 % of the value corresponding with the midpoint of that range, are not considered to be **transformers** with more than one supply voltage.

Plug connected **safety isolating transformers** shall have only one **rated supply voltage** unless the **transformer** is not capable of producing an output voltage in excess of the limits allowed in the scope if the higher marked voltage is connected to the lower voltage winding.

Compliance is checked by measurement and inspection.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

11 Output voltage and output current under load

11.1 When the **transformer** is connected to the **rated supply voltage**, at the **rated supply frequency**, and loaded with an impedance resulting in the **rated output** at the **rated output voltage** and, for a.c. current, at the **rated power factor**, the output voltage shall not differ from the rated value by more than:

a) 10 % for the output voltage of **inherently short-circuit proof transformers** with one **rated output voltage**;

b) 10 % for the highest output voltage of **inherently short-circuit proof transformers** with more than one **rated output voltage**;

c) 15 % for the other output voltages of **inherently short-circuit proof transformers** with more than one **rated output voltage**;

d) 5 % for the output voltages of other **transformers**.

For **transformers** with rectifiers, the above percentage values are raised by 5.

*Compliance is checked by measuring the output voltage when steady state conditions are established, with the **transformer** connected to the **rated supply voltage**, at the **rated supply frequency**, and loaded with an impedance resulting in the **rated output**, at the **rated output voltage** and the **rated power factor**.*

*For **transformers** incorporating a rectifier, the output voltage is measured at the terminals of the d.c. circuit by means of a voltmeter giving the arithmetical mean value, unless the effective (r.m.s.) value is specifically stated (see 8.1).*

*For **transformers** with more than one **rated supply voltage**, the requirement is applicable for each of the **rated supply voltages**.*

*For **transformers** with multiple **output windings**, the loads are applied to every multiple section simultaneously, unless otherwise declared.*

11.2 If a **transformer** is marked with the **rated output**, the **rated output voltage**, the **rated output current,** and the **rated power factor**, these values shall be substantially in agreement with each other.

If no **rated output current** is assigned to the **transformer**, the **rated output current** for the purpose of this specification can be calculated from the **rated output** and the **rated output voltage**.

Compliance is checked by calculation.

12 No-load output voltage

The relevant requirements for the **no-load output voltage** limitation are given in the parts 2 for the different types of **transformers**.

*For **transformers** incorporating a rectifier, the output voltages are measured at the input and output terminals of the rectifier if they are connected to terminals or terminations. The measurement at the input terminals of the rectifier is made if they are accessible to the user. The **output voltage** is measured at the terminals of the circuit with a voltmeter giving the arithmetic mean value, unless the effective (r.m.s.) value is specifically stated (see 8.1).*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

13 Short-circuit voltage

If there is a **short-circuit voltage** marking, the **short-circuit voltage** measured shall not deviate by more than 20 % from the value marked.

*Compliance is checked by measuring the **short-circuit voltage**, the **transformer** being at ambient temperature.*

14 Heating

14.1 General requirements

Transformers and their supports shall not attain excessive temperature in normal use.

Temperatures are determined under the following conditions when steady state is established.

*The test and the measurements are made in a draught-free location having dimensions such that the test results are not influenced. If the **transformer** has a t_a rating, the test is conducted at t_a ±5 °C.*

NOTE 1 The heating test is carried out taking into consideration only the t_a (and not t_{amin}).

***Portable transformers** are placed on a dull black painted plywood support. **Stationary transformers** are mounted as in normal use, on a dull black painted plywood support. The support is approximately 20 mm thick, and has dimensions which are at least 200 mm in excess of those of the orthogonal projection of the specimen on the support.*

***Transformers** which are provided with integral pins intended to be introduced into fixed socket-outlets are tested in a flush-mounted socket-outlet mounted in a box on a dull black painted plywood support as indicated in Figure 1.*

*Flush type **transformers** are tested as described in 5.10.*

***Transformers** with a protection index other than IP00 are tested in their **enclosure**.*

***Transformers** with a protection index IP00, the application of which is not known, are tested as described in 5.13*

NOTE 2 In the case of **transformers** with a protection index IP00, the temperature of the support is measured, but the values given in Tables 1 and 3 are not considered.

***Transformers** with terminals for **type X attachment** with a specially prepared cord and **for type Y** and **type Z attachments** shall have the connections subjected to a pull of 5 N immediately before the heating test is carried out.*

***Transformers** are supplied at the **rated supply voltage** and loaded with an impedance producing the **rated output**, at the **rated output voltage** and, for a.c. current, at the **rated power factor**. The value of the output current is measured when steady state is established. Then the supply voltage is increased by 10 % and the output current is adjusted to the same value measured before. The output current is not adjusted for **independent transformer**. After this no change is made in the circuit. The test is repeated under no-load condition if this is a more unfavourable situation.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Associated transformers *are operated under the conditions occurring when the appliance or other equipment is operated under the conditions of normal use as indicated in the relevant specifications.* ***Transformers*** *with intermittent ratings shall be tested at the intermittent ratings, until steady state conditions are established.*

The temperatures of windings are determined by the change of resistance method.

NOTE 3 One of the methods consists of measuring each winding separately, and of determining the resistance of windings at the end of the test by taking resistance measurements, as soon as possible after switching off, and then at short intervals, so that a curve of resistance against time can be plotted to ascertain the resistance at the instant of switching off.

The value of the temperature rise of a winding is calculated from the formula:

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_1}{R_1}(x + t_1) - (t_2 - t_1)$$

where

x = 234,5 for copper;

x = 225 for aluminium;

Δt *is the temperature rise, above* t_2 *so that the maximum temperature equals* $\Delta t + t_2$*;*

R_1 *is the resistance at the beginning of the test, at temperature* t_1*;*

R_2 *is the resistance at the end of the test, when steady conditions have been established;*

t_1 *is the ambient temperature at the beginning of the test;*

t_2 *is the ambient temperature at the end of the test.*

At the beginning of the test, the windings shall be at ambient temperature.

When determining the temperature of the windings, the ambient temperature is measured at such a distance from the specimen so as not to influence the temperature reading. At this point, the ambient temperature shall not vary by more than 10 °C during the test. For t_a ***transformers*** *the test temperature equals* $\Delta t + t_a$*.*

For ***transformers*** *with more than one* ***input*** *or* ***output winding****, or a tapped* ***input*** *or* ***output winding****, the results to be considered are those showing the highest temperature.*

Other temperatures are determined by means of thermocouples so chosen and positioned that they have the minimum effect on the temperature of the part under test.

Thermocouples used for determining the temperature of the surface of supports are attached to the back of small blackened discs of copper or brass of 1 mm thick and 15 mm diameter which are flush with the surface.

The temperature of electrical insulation (other than that of windings) is determined on the surface of the insulation at places where failure could establish a contact between ***hazardous live parts*** *and accessible* ***conductive parts****, or a reduction of* ***creepage distances*** *or* ***clearances*** *below the values specified in Clause 26. In addition, thermocouples shall be placed at the hottest points of the insulating material to avoid a risk of fire.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*During the test, the temperature shall not exceed the values shown in Table 1 when the **transformer** is operated at its **rated ambient temperature** (25 °C or t_a). In those cases where the temperature in the test area differs from the **rated ambient temperature**, this difference shall be taken into account when applying the limits in Table 1 and when establishing the test temperatures in 27.1 and 27.4.*

Table 1 – Values of maximum temperatures in normal use

Parts[a]	**Temperature** °C
Windings, if the insulation system (i.e., bobbins and any other insulating materials that are in contact with the windings) is:	
– of class A [b]	100
– of class E [b]	115
– of class B [b]	120
– of class F [b]	140
– of class H [b]	165
– of other classes[c]	–
External **enclosures** [d] (which can be touched with the standard test finger) of **stationary transformers**, if of:	
– metal	70
– other material	80
External **enclosures**[d] (which cannot be touched with the standard test finger) of **stationary transformers**	85
External **enclosures**[d], handles and the like of **portable transformers**:	
– if, in normal use, these parts are continuously held (for example for **hand held transformers**):	
• of metal	55
• of other material	75
– if, in normal use, these parts are not continuously held:	
• of metal	60
• of other material	80
Terminals for external conductors and terminals of switches	70
Insulation of internal and external wiring[e]:	
– of rubber	65
– of polyvinyl chloride	70
Parts the deterioration of which could affect safety[e]:	
– of rubber (other than insulation of wiring)	75
– of phenolformaldehyde	105
– of ureaformaldehyde	85
– of impregnated paper and fabric	85
– of impregnated wood	85
– of polyvinyl chloride (other than insulation of wiring), polystyrene and similar thermo-plastic material	65
– of varnished cambric	75
Supports	85
Printed circuit boards[e)]:	
– bonded with phenol-formaldehyde, melamine-formaldehyde, phenol-furfural or polyester	105
– bonded with epoxy	140

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table 1 *(continued)*

[a] If other materials are used, they shall not be exposed to temperatures in excess of those which have been proved permissible for these materials.

[b] The classification is in accordance with IEC 60085 and IEC 60216; however, the values have been adjusted to take into account the fact that, in these tests, the temperatures are mean and not hot-spot values.

[c] If other insulating materials than those covered by IEC 60085 and IEC 60216 are used, the insulation system shall withstand the test of 14.3.

[d] If any component is part of the external surface of the **transformer**, the temperature of that component shall not exceed the value specified for the appropriate external **enclosure**.

[e] The grades of rubber and polyvinyl chloride insulation are those covered by IEC 60245 and IEC 60227, respectively.

The temperature rise on the heating elements of protective devices touching insulating material shall also me measured.

*Immediately after the test, the specimen shall withstand a dielectric strength test as specified in 18.3, the values are specified in Table 8a and the test voltage being applied between **input** and **output circuits** only.*

*During and after the test, the electrical connections shall not be loose, **creepage distances** and **clearances** shall not be reduced to less than the values specified in Clause 26, sealing compound shall not melt, and overload protective devices shall not operate.*

14.2 Application of 14.1 or 14.3 according to the insulation system

The following apply to the windings.

14.2.1 *If the manufacturer has stated which class of insulation system has been used, the measured temperature of the winding shall not exceed the relevant value given in Table 1 (considering t_a if stated).*

14.2.2 *If the manufacturer has not stated which class of insulation system has been used the measured temperature of the winding shall not exceed the value given in Table 1 for class A insulation system (considering t_a if stated).*

14.2.3 *If the manufacturer has not stated which class of insulation system has been used and the measured temperature of the winding exceeds the value given in Table 1 for class A insulation system (considering t_a if stated), the **live parts** of **transformers** (core and windings) are subjected to the tests of 14.3. The temperature of the heating cabinet is chosen according to Table 2, taking the value of t_a into account. The temperature value to be chosen in Table 2 is the next highest value to the calculated temperature value.*

14.3 Accelerated ageing test for undeclared class of insulation system

*When applicable (see 14.2, 19.12.3 and 26.3), the **live parts** of the transformer (core and windings) are subjected to the following ageing test, each cycle consisting of a heat run, vibration, and a moisture treatment. Measurements are made according to 14.3.4.*

The number of specimens is as indicated in 5.2. The specimens are subjected to 10 test cycles.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

14.3.1 Heat run

Depending on the type of insulation system, the specimens are kept in a heating cabinet for the combinations of time and temperature recommended by the manufacturer in accordance with Table 2. The 10 cycles are carried out with the same combination.

The temperature in the heating cabinet is maintained within a tolerance of ±3 °C.

Table 2 – Test temperature and testing time (in days) per cycle

Test temperature °C	**Testing time for the thermal class of the insulation system** (days)				
	100 °C	**115 °C**	**120 °C**	**140 °C**	**165 °C**
220					4
210					7
200					14
190				4	
180				7	
170				14	
160			4		
150		4	7		
140		7			
130	4				
120	7				
Corresponding classification according to IEC 60085 and IEC 60216	A	E	B	F	H

After the heat tests, the specimens are allowed to cool down to ambient temperature before the vibration is conducted.

14.3.2 Vibration

Specimens are fastened in their normal position of use to the vibration generator, as specified in IEC 60068-2-6 by means of straps round the ***enclosure****. The direction of vibration is vertical, and the severity is:*

– *duration: 30 min;*
– *amplitude: 0,35 mm;*
– *frequency range: 10 Hz, 55 Hz, 10 Hz;*
– *sweep rate: approximately one octave per minute.*

14.3.3 Moisture treatment

The specimens are subjected for two days (48 h) to a moisture treatment according to 17.2.

14.3.4 Measurements

All the following measurements and tests are made and conducted before the cycling and after each complete cycle:

– *the no-load input current or its ohmic value.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The no-load input current or the ohmic component of the no-load input current shall not be more than 30 % greater than the corresponding value obtained during the initial measurement;.

– *the insulation resistance is measured according to 18.1 and 18.2;*

– *a dielectric strength test according to 18.3 and 18.4. However, the values of the test voltages are reduced to 35 % of the specified values and the testing time is doubled;*

– *the following test only for **transformers** with a **rated supply frequency** of 50 Hz or 60 Hz. After the dielectric strength test, one **input circuit** is supplied by a test voltage of at least 1,2 times the **rated supply voltage** at double the **rated supply frequency** for 5 min. No load is connected to the **transformer**. During the test, polyfilar windings, if any, are connected in series. A higher test frequency than the double supply frequency may be used; the duration of the period of connection, in minutes, being equal to 10 times the **rated supply frequency** divided by the test frequency, but not less than 2 min.*

*During the above tests, there shall be no breakdown of the insulation between the turns of a winding, between **input** and **output circuits**, between adjacent **input** or **output circuits**, or between the windings and any conductive core.*

*If, after the completion of all 10 cycles, one or more specimens fail, the **transformer** is considered as not having complied with the accelerated ageing test.*

15 Short circuit and overload protection

15.1 General

Transformers shall not become unsafe due to short circuits and overloads which may occur in normal use.

*Compliance is checked by inspection and by the following tests, which are carried out immediately after the test according to 14.1 at the same ambient temperature, and without changing the position of the **transformer**, at 1,1 times the **rated supply voltage**, or, for **non-inherently short-circuit proof transformers**, at any value of the supply voltage between 0,9 times and 1,1 times the **rated supply voltage**:*

– *for **inherently short-circuit proof transformers**, by the tests of 15.2;*

– *for **non-inherently short-circuit proof transformers**, by the tests of 15.3;*

– *for **non-short-circuit proof transformers**, by the tests of 15.4;*

– *for **fail-safe transformers**, by the tests of 15.5;*

– *for **transformers** combined with a rectifier, the tests of 15.2 or 15.3 are carried out twice, once with the short circuit applied on the input terminals of the rectifier, and again with the short circuit applied on the output terminals of the rectifier;*

– *for **transformers** with more than one **output winding** or a tapped **output winding**, the results to be considered are those showing the highest temperature. In the first case, all windings intended to be loaded at the same time are loaded at the **rated output** and then the selected **output winding** is short-circuited.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*For the tests of 15.2, 15.3 and 15.4, the temperatures shall not exceed the values given in Table 3 when the **transformer** is operated at its **rated ambient temperature** (25 °C or t_a). In the cases where the temperature in the test area differs from the **rated ambient temperature**, this difference shall be taken into account when applying the limits in Table 3.*

Table 3 – Maximum values of temperatures under short-circuit or overload conditions

Insulation classification	A	E	B	F	H
	Maximum temperature °C				
Winding protected inherently Subclause 15.2	150	165	175	190	210
Winding protected by protective device:					
a) Subclauses 15.3.2 – 15.3.3 – 15.3.4 – during the time required or the time *T* given in Table 4 [a]	200	215	225	240	260
b) Subclause 15.3.1					
– during the first hour, peak value	200	215	225	240	260
– after the first hour, peak value	175	190	200	215	235
– after the first hour, arithmetic mean value [b]	150	165	175	190	210
c) Subclause 15.3.5	175	190	200	215	235
External **enclosures** (which can be touchedwith the standard test finger)	105				
Rubber insulation of wiring	85				
PVC insulation of wiring	85				
Supports (i.e. any area on the pine plywoodsurface covered by the **transformer**)	105				

[a] The maximum temperature to be considered is the maximum temperature reached during and after the test due to the thermal inertia of the **transformer**.

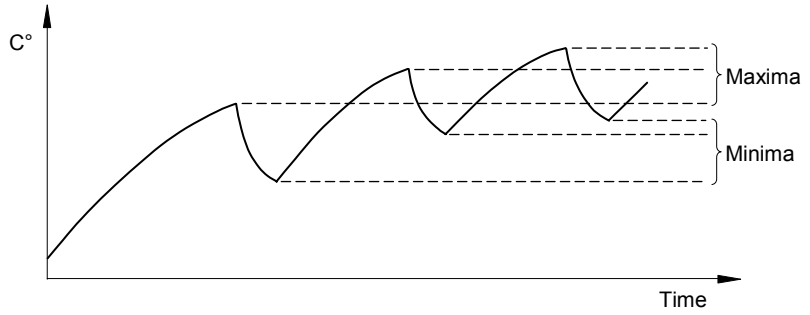
[b] The arithmetic mean value is determined as follows:

The graph of temperature versus time, while the power to the **transformer** is cycling on and off, is plotted for a period of test under consideration. The arithmetic average temperature (t_A) is determined by the formula:

$$t_A = (t_{max} + t_{min})/2$$

where:
t_{max} is the average of the maxima

t_{min} is the average of the minima



IEC 1270/05

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*During the test, the **transformer** shall not emit flames, molten metal, poisonous or ignitable gas in hazardous amounts, and temperatures shall not exceed the values shown in Table 3.*

*During and after all the tests, the **transformer** shall comply with Clause 9.*

After the tests, the insulation system, when it has cooled down to approximately ambient temperature, shall withstand the dielectric strength test in 18.3.

NOTE The humidity treatment of 17.2 is not applied before this dielectric strength test.

15.2 Inherently short-circuit proof transformers

***Inherently short-circuit proof transformers** are tested by short-circuiting the **output windings** until steady-state conditions are reached.*

15.3 Non-inherently short-circuit proof transformers

***Non-inherently short-circuit proof transformers** are tested as follows:*

15.3.1 *The output terminals are short-circuited. The incorporated overload protective device shall operate before the temperature exceeds the values shown in Table 3 for any value of the supply voltage between 0,9 times and 1,1 times the **rated supply voltage**.*

15.3.2 *If protected by a fuse in accordance with either IEC 60269-2 or IEC 60269-3, or a technically equivalent fuse, the **transformer** is loaded for a time T and with a current equal to k times the current marked on the **transformer** as the rated current of the protective fuse-link, where k and T have the values shown in Table 4. The current in the fuse shall be kept constant during the test. The fuse-link is replaced by a link of negligible impedance*

Table 4 – Values of *T* and *k* for fuses

Values marked as rated current I_n of protective fuse-link for gG A	***T*** h	***k***
$I_n \leq 4$	1	2,1
$4 < I_n < 16$	1	1,9
$16 \leq I_n \leq 63$	1	1,6
$63 < I_n \leq 160$	2	1,6
$160 < I_n \leq 200$	3	1,6

NOTE 1 – For cylindrical fuses gG type B for use by unskilled persons (IEC 60269-3-1), and for fuses for use by authorised persons with fuse-links for bolted connections (IEC 60269-2-1), the value of *k* is 1,6 for $I_n < 16$ A.

NOTE 2 – For D-type fuses for use by unskilled persons (IEC 60269-3-1) for a rated current of 16 A, the value of *k* is 1,9.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

15.3.3 *If protected by miniature fuses in accordance with IEC 60127, or by road vehicle blade type electric fuse-links according to ISO 8820, or by a technically equivalent fuse, the **transformer** is loaded for a period corresponding to the longest pre-arcing time with the relevant current as specified in the appropriate standard sheet. The current in the fuse shall be kept constant during the test. The fuse-link is replaced by a link of negligible impedance.*

NOTE A technically equivalent fuse is a fuse-link having the same time-current characteristics as one of those indicated in IEC 60127 or in ISO 8820.

*If the **transformer** is protected by miniature fuses in accordance to IEC 60127, an additional overload test shall be performed at 1,5 times the rated fuse current until steady state condition.*

15.3.4 *If protected by a circuit-breaker in accordance with IEC 60898, or a technically equivalent circuit-breaker, the **transformer** is loaded for the time indicated in IEC 60898 with a current equal to 1,45 times the value of the rated current of the circuit-breaker. The current in the fuse shall be kept constant during the test. The circuit breaker is replaced by a link of negligible impedance.*

15.3.5 *If protected by:*

– *an overload protective device other than a fuse according to IEC 60127 or IEC 60269, or a circuit-breaker or*

– *an intentional weak part*

*the **transformer** is loaded by a current equal to 0,95 times the value of the lowest current which causes the protective device to operate, until steady-state conditions are reached. The lowest current causing the protective device to operate is determined by initially operating the transformer at 100 % of the **rated output**, and gradually increasing the output current in steps of 2 %, (each step is maintained until steady state condition is achieved) until the protective device operates.*

*If the protective device is an **intentional weak part,** the above test is repeated on two new samples. During the test on the first sample, the weak part shall operate in the same manner and place as above. During the test on the second sample, the temperatures shall not exceed the values in Table 3 in the steady state condition.*

15.4 Non-short-circuit proof transformers

***Non-short-circuit proof transformers** are tested as indicated in 15.3. with the appropriate protective device specified by the manufacturer installed in the relevant **input** or **output circuit**.*

*Associated **non-short-circuit proof transformers** are tested under the most unfavourable conditions of normal use with the appropriate protective device specified by the manufacturer installed in the **input** or **output circuit**, and in the most unfavourable load conditions for the type of equipment or circuit for which the **transformer** is designed. Examples of unfavourable load conditions are: continuous, short-time, or intermittent functioning.*

15.5 Fail-safe transformers

15.5.1 Three additional new specimens are used only for the following test.

During this test when the **transformer** fails, the interruption shall be in the **input circuit**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Each of the three specimens is mounted as in normal use on a 20 mm thick dull black painted plywood surface and heated in accordance with 14.1 until the temperatures stabilise. Each ***transformer*** *is then operated at 1,1 times the* ***rated input voltage****, the* ***output winding*** *which produced the highest temperature during the test of 14.1 being initially loaded with 1,5 times the* ***rated output current*** *(or, if this is not possible, the maximum value of the output current obtainable) until steady-state conditions are reached, or the* ***transformer*** *fails (whichever occurs first).*

If the ***transformer*** *fails, it shall comply, during and after the tests, with the criteria given in 15.5.2.*

If the ***transformer*** *does not fail, the time to reach steady-state conditions is noted, and the chosen* ***output winding*** *is then short-circuited. The test is continued until the* ***transformer*** *fails. For this part of the test, each specimen shall fail within the time duration being no longer than the time necessary to reach steady state conditions, but not exceeding 5 h.*

The ***transformer*** *shall fail safely and comply, during and after the tests, with criteria given in 15.5.2.*

15.5.2 *At any time during the tests of 15.5.1:*

– *the temperature of any part of the* ***enclosure*** *of the* ***transformer*** *which can be touched with the standard test finger shall not exceed 175 °C;*

– *the temperature of the plywood support shall nowhere exceed 125 °C;*

– *the* ***transformer*** *shall not emit flames, molten material, glowing particles, or burning drops of insulating material.*

After the tests of 15.5.1, and after cooling down to ambient temperature:

– *the* ***transformer*** *shall withstand a dielectric strength test, the test voltage being 35 % of the values according to Clause 18, Table 8b. The test is made input-to-****body*** *for all kinds of* ***transformers*** *and, in addition, input-to-output for* ***safety isolating****,* ***isolating*** *and* ***separating transformers****;*

– ***enclosures****, if any, shall have no holes allowing the standard test finger (Figure 2) to touch* ***hazardous live parts****. In case of doubt, contact with* ***hazardous live parts*** *is detected by means of an electrical contact indicator, the voltage being not less than 40 V.*

If the ***transformer*** *fails any part of this subclause, the* ***transformer*** *is considered as not complying with the above test.*

16 Mechanical strength

16.1 General

Transformers shall have adequate mechanical strength, and be so constructed as to withstand rough handling as may be expected in normal use.

Compliance is checked by the tests of 16.2 for ***stationary transformers*** *and by the tests of 16.2, 16.3 and 16.4, as appropriate, for* ***portable transformers****.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*After the tests, the **transformer** shall show no damage in accordance with the requirements of this standard. In particular, **hazardous live parts** shall not become accessible, when checked as described in 9.1.2. Insulating barriers shall not be damaged, and handles, levers, knobs and the like shall not move on their shafts.*

NOTE 1 Damage to the finish, small dents which do not reduce **creepage distances** or **clearances** below the values specified in Clause 26, and small chips which do not adversely affect the protection against electric shock or moisture, are ignored.

NOTE 2 Cracks not visible with normal vision or corrected vision without magnification, and surface cracks in fibre reinforced mouldings and the like are ignored.

In addition, in regard to the test of 16.4, bending of the pins during the test is ignored.

16.2 Stationary transformers

*The **transformer**, with covers and the like fitted, is held firmly against a rigid support and is subjected to three blows from a spring-operated impact hammer according to test Eh of IEC 60068-2-75 with an energy of (0,5 ± 0,05) J applied to every point of the exterior that protects **hazardous live parts** and is likely to be weak, including handles, levers, switch knobs and the like, by pressing the hammer nose perpendicularly to the surface. Before applying the blows, the fixing screws of bases and covers are tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 11.*

If there is a doubt as to whether a defect has occurred by the application of the preceding blows, the defect is neglected, and the group of three blows is applied to the same place on a new sample which shall then withstand the test.

*Parts of IP00 **transformers**, which are not accessible when the **transformer** is mounted in an appliance or other equipment, are not subjected to the test.*

16.3 Portable transformers (except portable transformers with integral pins for introduction in socket-outlet in the fixed wiring)

***Portable transformers** except those **portable transformers** with integral pins for introduction in socket-outlets of the fixed wiring are held in their normal position of use, and are then allowed to fall from a height of 25 mm onto a smooth steel plate at least 5 mm thick, placed on a flat concrete support. One hundred falls are carried out at a rate not exceeding one fall per 5 s.*

The height shall be measured from the part of the specimen nearest to the test surface when the specimen is suspended prior to letting it fall.

The method of releasing the specimen shall be such as to allow free fall from the position of suspension with a minimum of disturbance at the moment of release.

*If the **transformer** is provided with fixed **external flexible cable(s) or cord(s)**, they are cut to a length of 100 mm.*

16.4 Portable transformers provided with integral pins for introduction in socket-outlets of the fixed wiring

Portable transformers with integral pins for introduction into fixed socket-outlets shall have adequate mechanical strength.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Compliance is checked by carrying out the tests a), b) and c). The test a) is carried out on three specimens that all shall withstand the tests. Both the test of b) and c) shall be carried out on a new specimen.

a) *The test is carried out in a tumbling barrel as described in IEC 60068-2-32. If the **transformer** is provided with fixed external cord(s) they are cut to a length of 100 mm. Each specimen is tested individually.*

   The barrel is turned at a rate of five revolutions per minute, 10 falls per minute thus taking place, the number of falls being:

   – *50 if the mass of the specimen does not exceed 250 g;*

   – *25 if the mass of the specimen exceeds 250 g.*

   After the test, the specimen shall show no damage within the meaning of this standard, but it need not be operable.

   Small pieces may brake off, provided that the protection against electric shock is not affected.

   *Distortion of pins and damage to the finish and small dents which do not reduce the **creepage distances** or **clearances** below the values specified in 27.1 of IEC 60884-1 are neglected.*

b) *The pins shall not turn when a torque of 0,4 Nm is applied, first in one direction for 1 min and then in the opposite direction for 1 min.*

   NOTE This test is not carried out when rotation of the pins does not impair the safety, in the sense of this standard.

c) *A pull force as given in Table 5 is applied without jerks for 1 min on each pin, in turn, and in the direction of the longitudinal axis of the pin.*

The pull force is applied within a heating cabinet at a temperature of (70 ± 2) °C, 1 h after the device has been placed in the heating cabinet.

Table 5 – Pull force on pins

Rating of the equivalent plug type	Number of poles	Pull force N
Up to and including 10 A 130/250 V	2 3	40 50
Above 10 A up to and including 16 A 130/250 V	2 3	50 54
Above 10 A up to and including 16 A/440 V	3 More than 3	54 70

For the purpose of this test, protective earth contacts, irrespective of their number, are considered as one pole.

After the test, and after the device has cooled down to ambient temperature, no pin shall be displaced in the body of the device by more than 1 mm.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

17 Protection against harmful ingress of dust, solid objects and moisture

17.1 Degrees of protection provided by enclosures (IP code)

The **enclosure** of a **transformer** shall provide the degree of protection against ingress of dust, solid objects and moisture in accordance with the classification of the **transformer** and the IP number marked on the **transformer**, except IP1X which shall be marked and tested as IP00.

NOTE An explanation of the IP code system is given in Annex Q.

Compliance is checked by the appropriate test specified in 17.1.1, and for other IP ratings by the appropriate test specified in IEC 60529.

*Before the test of second characteristic numeral, with the exception of IPX8, the **transformer** shall be switched on under the **rated output** conditions and brought to a stable operating temperature at the rated voltage.*

The water for the test shall be at a temperature of 15 °C ± 10 °C.

***Transformers** shall be mounted and wired as in normal use with, where relevant, a suitable plug inserted in the **output circuit**.*

***Transformers** not provided with an **external flexible cable or cord** are fitted with external wiring as specified in Clause 22, using the most unfavourable type and cross-sectional area.*

*For tests of 17.1.1 A to J, a **fixed transformer** intended for mounting with its **body** in contact with a surface shall be tested on a board equal in overall size to the projection of the **transformer**, if not otherwise specified.*

***Transformers** with enclosure having provisions for draining water by means of drain holes shall be mounted with the lowest drain hole open unless otherwise specified in the manufacturer's installation instructions. Ventilation openings are left open during the test.*

***Portable transformers** wired as in normal use shall be placed in the most unfavourable position of normal use.*

Glands, if any, shall be tightened with a torque equal to two-thirds of that applied to glands in the test of 25.6.

*After completion of the tests, the **transformer** shall withstand the dielectric strength test specified in 18.3 and inspection shall show:*

*a) no deposit of talcum powder inside enclosures for dust-proof **transformers**, so that, if the powder were conductive, the insulation would fail to meet the requirements of this standard;*

*b) no deposit of talcum powder inside **enclosures** for dust-tight **transformers**;*

*c) no trace of water on **live parts** except SELV parts below 15 V ac or 25 V dc or on insulation where it could become a hazard for the user or surroundings, for example where it could reduce the **creepage distances** below the values specified in Clause 26;*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*d) no accumulation of water inside the enclosures of drip-proof, spray-proof, splash-proof and jet-proof **transformers**, which may impair safety;*

*e) no water or trace of water entered inside the enclosure of a watertight **transformer**;*

*f) no entry into the **transformer** enclosure by the relevant test probe for solid-object-proof **transformers**.*

17.1.1 Tests on transformers with enclosure

*A Solid-object-proof **transformers** (first characteristic IP numeral 2) shall be tested with the standard test finger specified in IEC 60529 and the test pin specified in Figure 3 according to the requirements of Clauses 9 and 26.*

*B Solid-object-proof **transformers** (first characteristic IP numerals 3 and 4) shall be tested at every possible point (excluding gaskets) with a probe according to test probe C or D of IEC 61032, applied with a force as follows:*

Table 6 – Solid-object-proof transformer test

	Test probe according to IEC 61032	**Probe wire diameter** mm	**Application force**
First IP numeral 3	C	$2{,}5^{+0{,}05}_{0}$	3 N ± 10 %
First IP numeral 4	D	$1^{+0{,}05}_{0}$	1 N ± 10 %

The end of the probe wire shall be cut at right angles to its length and be free from burrs.

*C Dust-proof **transformers** (first characteristic IP numeral 5) are tested in a dust chamber similar to that shown in Figure 2 of IEC 60529, in which talcum powder is maintained in suspension by an air current; during the test the vacuum pump as shown is not connected. The chamber shall contain 2 kg of powder for every cubic metre of its volume. The talcum powder used shall pass through a square-meshed sieve whose nominal wire diameter is 50 μm, and whose nominal free distance between wire is 75 μm, and shall have a range of particle size down to and including 1 μm with at least 50 % by weight less than 5 μm. It should not be used for more than 20 tests.*

The test shall be carried out as follows:

*a) the **transformer** is suspended outside the dust chamber and operated at **rated output** until operating temperature is achieved;*

*b) the **transformer**, while still operating, is placed with the minimum disturbance in the dust chamber;*

c) the door of the dust chamber is closed;

d) the fan/blower causing the talcum powder to be in suspension is switched on;

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*e) after 1 min the **transformer** is switched off and allowed to cool for 3 h while the talcum powder remains in suspension.*

NOTE 1 The 1 min interval between the switching on of the fan/blower and the switching off of the **transformer** is to ensure that the talcum powder is properly in suspension around the **transformer** during initial cooling which is most important with smaller **transformers**. The **transformer** is operated initially as in item a) to ensure that the test chamber is not overheated.

NOTE 2 This treatment of test condition corresponds to category 1 of IEC 60529.

*D Dust-tight **transformers** (first characteristic IP numeral 6) are tested in accordance with C.*

*E Drip-proof **transformers** (second characteristic IP numeral 1) are subjected for 10 min to an artificial rainfall of 3 mm/min by means of a device as shown in Figure 3 of IEC 60529, falling vertically from a height of 200 mm above the top of the **transformer**.*

*F Drip-proof **transformers** (second characteristic IP numeral 2) are tilted in any angle up to 15° and subjected for 10 min to a artificial rainfall of 3 mm/min by means of a device as shown in Figure 3 of IEC 60529, falling vertically from a height of 200 mm above the top of the **transformer**.*

*G Spray-proof **transformers** (second characteristic IP numeral 3) are sprayed with water for 10 min by means of a spray apparatus as shown in Figure 4 of IEC 60529. The radius of the semi-circular tube shall be as small as possible and compatible with the size and position of the **transformer**.*

The tube shall be perforated so that jets of water are directed towards the centre of the circle, and a water pressure at the inlet of the apparatus shall be approximately 80 kN/m^2.

The tube shall be caused to oscillate through an angle of 120°, 60° on either side of the vertical, the time for one complete oscillation (2 × 120°) being about 4 s.

*The **transformer** shall be mounted above the pivot line of the tube so that the ends of the **transformer** receive adequate coverage from the jets. The **transformer** shall be turned about its vertical axis as stated in IEC 60529 .*

*After this 10 min period, the **transformer** shall be switched off and allowed to cool naturally while the water spray is continued for a further 10 min.*

*H Splash-proof **transformers** (second characteristic IP numeral 4) are sprayed from every direction with water for 10 min by means of the spray apparatus shown in Figure 4 of IEC 60529 and described in F. The **transformer** shall be mounted under the pivot line of the tube so that the ends of the **transformer** receive adequate coverage from the jets.*

*The tube shall be caused to oscillate through an angle of almost 360°, 180° on either side of the vertical, the time for one complete oscillation (2 × 360°) being about 12 s. The **transformer** shall be turned about its vertical axis as stated in IEC 60529.*

*The support for the equipment under test shall be grid shaped in order to avoid acting as a baffle. After this 10 min period, the **transformer** shall be switched off and allowed to cool naturally, while the water spray is continued for an additional 10 min.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*I Jet-proof **transformers**) are switched off and immediately afterwards are subjected to a water jet for 15 min from all directions by means of a hose, having a nozzle with the shape and dimensions shown in Figure 6 of IEC 60529, the dimension D' being 6,3 mm. The nozzle shall be held 3 m away from the sample.*

The rate of the water flow shall be 12,5 l/min.

*J Powerful jet-proof **transformers** are switched off and immediately afterwards are subjected to a water jet for 3 min from all directions by means of a hose, having a nozzle with the shape and dimensions shown in Figure 6 of IEC 60529, the dimension D' being 12 mm. The nozzle shall be held 3 m away from the sample.*

The rate of the water flow shall be 100 l/min.

*K Water-tight **transformers** (second characteristic IP numeral 7) are switched off and immediately immersed for 30 min in water, so that there is at least 150 mm of water above the top of the **transformer**, and the lowest portion is subjected to at least 1 m head of water. **Transformers** shall be held in position by their normal fixing means.*

NOTE This treatment is not sufficiently severe for **transformers** intended for operation under water.

*L Pressure watertight **transformers** (second characteristic IP numeral 8) are heated either by operating or by other suitable means, so that the temperature of the **transformer enclosure** exceeds that of the water in the test tank by between 5 °C and 10 °C.*

*The **transformer** shall then be switched off and subjected to a water pressure of 1,3 times that pressure which corresponds to the rated maximum immersion depth for a period of 30 min.*

17.2 Humidity treatment

Transformers shall be proof against humid conditions which may occur in normal use.

Compliance is checked by the humidity treatment described in this subclause, followed immediately by the tests of Clause 18.

***Transformers** intended for fixed connection to the supply are tested with the cable fitted but with cable entries open. If several knock-outs are provided and positioned on different parts of the enclosure, the knock-out which produces the most unfavourable condition will be opened. **Transformers** intended to be used with an **external flexible cable or cord** are tested with the cord and cord entries correctly fitted.*

*Electrical components, covers and other parts which can be removed without the aid of a **tool** are removed and subjected to the humidity treatment with the main part, if necessary.*

The humidity treatment is carried out in a humidity cabinet containing air with a relative humidity maintained between 91 % and 95 %. The temperature of the air, at all places where specimens can be located, is maintained to within 1 °C of any convenient value t between 20 °C and 30 °C.

Before being placed in the humidity cabinet, the specimen is brought to a temperature between t and (t + 4) °C.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The specimen is kept in the cabinet for:

– *two days (48 h) for **transformers** with protection index IP20, or lower;*

– *seven days (168 h) for **transformers** with other protection index.*

In most cases, the specimens may be brought to the specified temperature by keeping them at this temperature for at least 4 h before the humidity treatment.

NOTE A relative humidity between 91 % and 95 % can be obtained by placing a saturated solution of sodium sulphate (Na_2SO_4) or potassium nitrate (KNO_3) in water, the solution having a sufficiently large contact surface with the air in the humidity cabinet. In order to achieve the specified conditions within the cabinet, it is necessary to ensure constant circulation of the air and, in general, to use a cabinet which is thermally insulated.

*After this treatment and the tests of Clause 18, the **transformer** shall show no damage within the meaning of this standard.*

18 Insulation resistance, dielectric strength and leakage current

18.1 General

The insulation resistance, the dielectric strength and the leakage current of **transformers** shall be adequate.

Compliance is checked by the tests of 18.2 to 18.5 which are carried out immediately after the test of 17.2, in the humidity cabinet or in the room where the specimen was brought to the prescribed temperature, after reassembling those parts which may have been removed.

18.2 Insulation resistance

The insulation resistance shall not be less than that shown in Table 7.

The insulation resistance is measured with a d.c. voltage of approximately 500 V applied, the measurement being made 1 min after application of the voltage.

Table 7 – Values of insulation resistance

Insulation to be tested	**Insulation resistance** MΩ
Between **hazardous live parts** and the **body**:	
– for **basic insulation**	2
– for **reinforced insulation**	7
Between **input circuits** and **output circuits** (**basic insulation**)	2
Between **input circuits** and **output circuits** (**double** or **reinforced insulation**)	5
Between each **input circuit** and all other **input circuits** connected together	2
Between each **output circuit** and all other **output circuits** connected together	2
Between **hazardous live parts** and conductive parts of **class II transformers** which are separated from **hazardous live parts** by **basic insulation** only	2
Between conductive parts of **class II transformers** which are separated from **hazardous live parts** by **basic insulation** only, and the **body**	5
Between two metal foils in contact with the inner and outer surfaces of **enclosures** of insulating material of class II **transformers**	7

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.3 Dielectric strength test

Immediately after the test of 18.2, the insulation is subjected for 1 min to a dielectric strength voltage of substantially sinusoidal-wave form at 50/60 Hz. The value of the dielectric strength test voltage and the points of application are given in Table 8a.

Resistors, capacitors and other components are disconnected before carrying out the test.

Table 8a – Table of dielectric strength test voltages

Application of dielectric strength test voltage [a]	**Working voltage V** [b]				
	<50	**150**	**300**	**600**	**1 000**
1) Between **live parts** of **input circuits** and **live parts** of **output circuits** (**basic insulation**)	250	1 400	2 100	2 500	2 750
2) Between **live parts** of **input circuits** and **live parts** of **output circuits** (**double** or **reinforced insulation**)	500	2 800	4 200	5 000	5 500
3) Over **basic** or **supplementary insulation** between: a) **live parts** of different polarity: – inside the same winding: no test (**functional insulation** only); – other than winding: test applies; b) **live parts** and the **body** if intended to be connected to protective earth; c) accessible **conductive parts** and a metal rod of the same diameter as the flexible cable or cord (or metallic foil wrapped round the cord) inserted inside inlet bushing, cord guards and anchorage, and the like; d) **live parts** and an intermediate **conductive part**; e) intermediate **conductive parts** and the **body**; f) each **input circuit** and all other **input circuits connected together**.	250	1 400	2 100	2 500	2 750
4) Over **reinforced insulation** between the **body** and **live parts**	500	2 800	4 200	5 000	5 500

[a] For the construction according to 19.12.3 b) and 26.2.4.1, test b) the voltage is multiplied by the factor 1,25. For the construction according to 26.2.4.2 the voltage is multiplied by the factor 1,35.

[b] Values of dielectric strength test voltage for intermediate values of **working voltage** are found by interpolation between tabulated values.

No flashover or breakdown of the insulating materials and/or system shall occur during the test, corona effects and similar phenomena being disregarded. Diagrams showing examples of the application of test voltages are shown in Annex N.

Details of the test method to be used are given in IEC 61180-1 and IEC 61180-2.

*The high-voltage **transformer** used for the test shall be capable of supplying a current of at least 200 mA when the output terminals are short-circuited.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*Care shall be taken that the dielectric voltage applied between **input** and **output circuits** does not overstress other insulation. If it is stated by the manufacturer that a **double insulation** system exists between **input** and **output circuits**, such as from **input circuit** to core and from core to **output circuit**, each insulation is then tested separately according to the dielectric test voltage of item 3 of Table 8a. The same applies to a **double insulation** between input and the **body**.*

*For class II situations incorporating both **reinforced insulation** and **double insulation**, care shall be taken that the dielectric test voltage applied to the **reinforced insulation** does not over-stress the **basic** or **supplementary insulation**.*

18.4 Insulation between and within windings

*After the test of 18.3, one **input circuit** is connected to a voltage equal to double the **rated supply voltage**, at double the **rated supply frequency** for 5 min. No load is connected to the **transformer**. During the test polyfilar windings, if any, are connected in series. This test is only applicable for **transformers** with **rated supply frequency** lower than 500 Hz.*

*A higher test frequency than the double supply frequency may be used; the duration of the period of connection, in minutes, then being equal to 10 times the **rated supply frequency** divided by the test frequency, but not less than 2 min.*

*During the test, there shall be no breakdown of the insulation between turns of a winding, between **input** and **output circuits**, between adjacent **input** or **output circuits**, or between the windings and any conductive core.*

18.5 Touch current and protective earth conductor current

The **touch** and **protective earth conductor current** are measured as described under 18.5.1 and 18.5.2 below.

For variable **transformers** or **transformers** with tapping, the most unfavourable setting shall be chosen. For **transformers** with more than one **input** or **output winding,** the most unfavourable combination shall be chosen.

The method of measurement described here is based on the assumption that the **transformer** is used in a star TN or TT system, i.e. the **transformer** is connected between line (L) and Neutral (N). For other systems, see relevant parts of the IEC 60990.

In case of multi phase connections the same procedure is used, but the measurement(s) are made on one phase at the time. The same limits apply for each phase.

The **touch current** and **protective earth conductor current** are measured with the **transformer** loaded as described in Clause 14 and the measurements are made at steady state condition.

NOTE To avoid unnecessary testing it is recommended that this measurement be carried out in connection with the heating test in Clause 14.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.5.1 Touch current

In case of **enclosures** fabricated of insulating material, a metal foil 10 cm x 20 cm in size is placed in contact with the accessible surfaces and the measurement is made to this foil. In case of class II insulated parts on a **class I transformer** the **touch current** shall be measured simultaneously on the two parts.

*During the measurements, a test circuit according to Figure 8 shall be used. The test circuit shall include an **isolating transformer** and the "neutral" conductor connected to the measuring network shall be reliably earthed for safety reasons. For **class II transformers** the protective earth conductor is ignored. The measuring network indicated is the network described in Figure J.1 in Annex J. However, if frequencies above 30 kHz are involved, measurement of **touch current** shall include measurement with regard to electric burn effects in addition to the measurements of Figure J.1. For the burn effects, the unweighted r.m.s. value of the **touch current** is relevant. Unweighted **touch current** is calculated from the r.m.s. voltage U_1, measured across the 500 Ω resistor of Figure J1 Annex J.*

The terminal A electrode shall be applied to each accessible part in turn.

For each application of the terminal A electrode, the terminal B electrode shall be applied to earth, then applied to each of the other accessible part in turn.

Measurements:

*The **touch-current** is measured with the switch p in both position and the following combination of swithches e and n:*

– *switches n and e in the on position;*

– *switch n in the off position and switch e in the on position;*

– *switch n in the on position and switch e in the off position.*

For each application of the terminal A and B electrodes and for each combination of the switches p, e and n, the **touch current** measured shall be equal to or less than in Table 8b.

18.5.2 Protective earth conductor current

*The **protective earth conductor current** is measured with the **transformer** connected as described in Clause 14. In addition an ammeter of negligible impedance (less than 0,5 Ω) is connected between the earth terminal of the **transformer** and the protective earth conductor.*

*The **protective earth conductor current** (s) shall not exceed the following values:*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table 8b – Limits for currents

Type of leakage Current	Rated current	Max limit (r.m.s)
Touch current: All **class I** and **class II transformers** equipped with a plug according to IEC 60083	–	0,5 mA
Protective conductor current:	≤ 4 A	2 mA
– **Class I transformers** fitted with a single or multiphase plug rated up to and including 32 A	> 4 A but ≤ 10 A	0,5 mA/A
	>10 A	5 mA
– **Class I transformers** intended for permanent connection	≤ 7 A	3,5 mA
	> 7 A but ≤ 20 A	0,5 mA/A
	> 20 A	10 mA

The value to be observed during the measurement is a peak value. The peak value can be transformed into true r.m.s using a good quality oscilloscope.

NOTE Further explanations regarding the measurement of **touch current** and **protective conductor current** can be found in IEC 60990 and IEC 61140 (subclause 7.5).

19 Construction

19.1 The **input** and **output circuits** shall be electrically separated from each other as specified in the relevant part 2. The construction shall be such that there is no possibility of any connection between these circuits, either directly or indirectly, through other **conductive parts**, except by deliberate action .

19.2 Materials known to be highly flammable, such as celluloid, shall not be used in the construction of **transformers**.

Cotton, silk, paper and similar fibrous material shall not be used as insulation, unless impregnated.

Wax and similar impregnators shall not be used, unless suitably restrained from migration.

Compliance is checked by inspection, and in case of doubt regarding fiercely burning materials, by the glow-wire test of 27.3 at 550 °C.

NOTE Insulating material is considered impregnated if the space between the fibres of the material are substantially filled with a suitable insulating coating (i.e., epoxy resin, varnish, etc.).

Wood, even if impregnated, shall not be used as **supplementary** or **reinforced insulation**.

19.3 Portable transformers shall be either **short-circuit proof** or **fail-safe transformers**.

Compliance is checked by inspection.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

19.4 There shall be provisions to prevent contact between accessible **conductive parts** and conduits or metal sheaths of supply wiring for **class II transformers**.

Compliance is checked by inspection.

19.5 Parts of **class II transformers** serving as **supplementary insulation** or **reinforced insulation** which might be omitted during reassembly after servicing, shall either:

– be fixed in such a way that they cannot be removed without being seriously damaged; or

– be so designed that they cannot be replaced in an incorrect position and that, if they are omitted, the **transformer** is rendered inoperable or is manifestly incomplete.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

NOTE 1 Sleeving may, however, be used as **supplementary insulation** on internal wiring, if it is retained in position by positive means.

NOTE 2 A sleeve is considered to be fixed by positive means if it can be removed only by breaking or cutting, or if it is clamped at both ends.

NOTE 3 Servicing includes replacement of switches, protective devices and of **power supply cords** when the type of attachment allows this.

NOTE 4 Lining metal **enclosures** with a coating of lacquer or with material in the form of a coating which does not withstand the test of 19.10 is not considered to be adequate for the purpose of these requirements.

19.6 **Class I** and **class II transformers** shall be so constructed that, should any wire, screw, nut, washer, spring or similar part become loose or fall out of position, they cannot, in normal use, become so disposed that **creepage distances** or **clearances** over **supplementary insulation** or **reinforced insulation** or the distance between input and output terminals are reduced to less than 50 % of the value specified in Clause 26.

Compliance is checked by inspection, by measurement and by manual test.

NOTE For the purpose of this requirement:

– it is not expected that two independent fixings will become loose at the same time;

– parts fixed by means of screws or nuts provided with locking washers are regarded as not liable to become loose, provided these screws or nuts are not removed during the replacement of the supply flexible cable or cord, or other servicing;

– conductors connected by soldering are not considered to be adequately fixed unless they are held in place near to the termination by means such as hooking in, independent of the solder;

– screwless terminals complying with IEC 60998-2-2 are considered to provide adequate fixing of the conductor without any additional means;

– wires connected to terminals are not considered to be adequately secured, unless an additional fixing of an appropriate type is provided near to the terminal.; In the case of stranded conductors, this additional fixing is to clamp the insulation and not the conductor only;

– short rigid wires are not regarded as liable to come away from a terminal if they remain in position when the terminal screw is loosened.

19.7 **Conductive parts** connected to accessible conductive parts by resistors or capacitors shall be separated from the **hazardous live parts** by **double insulation** or **reinforced insulation**.

*Compliance is checked by all relevant requirements and tests for **double insulation** or **reinforced insulation**.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

19.8 Conductive parts separated by **double** or **reinforced insulation** e.g. **live parts** and the **body** or **primary** and **secondary circuits**, may be bridged (conductive bridge) by resistors or Y2 capacitors provided that they consist of at least two separate components whose impedance is unlikely to change significantly during the lifetime of the **transformer**.

If the resistors are used they shall comply with the requirements of test (a) in 14.1 of IEC 60065. If capacitors are used they shall comply with the relevant requirements of IEC 60384-14.

Where two capacitors are used in series, they shall each be rated for the total working voltage across the pair and shall have the same nominal capacitance value.If any one of such two components is short-circuited or open-circuited, the values specified in Clause 9 shall not be exceeded.

In addition, if the **working voltage** does not exceed 250 V, **conductive parts** separated by **double** or **reinforced insulation** (e.g. live parts and the body or primary and secondary circuits), may be bridged by a single Y1 capacitor complying with the relevant requirements of IEC 60384-14.

NOTE A Y1 capacitor is considered to have **reinforced insulation**.

Compliance is checked by inspection and by measurement.

19.9 Insulating material separating **input** and **output windings**, and parts of natural or synthetic rubber used as **supplementary insulation** in **class II transformers**, shall be either resistant to ageing or so arranged and dimensioned that, if any cracks occur, **creepage distances** are not reduced below the values specified in Clause 26.

Compliance is checked by inspection, by measurement, and in case of doubt concerning the ageing properties of rubber, by the following test.

Rubber parts are aged in an atmosphere of oxygen under pressure. The specimens are suspended freely in an oxygen bomb, the effective capacity of the bomb being at least 10 times the volume of the specimens. The bomb is filled with commercial oxygen not less than 97 % pure, to a pressure of (210^{+7}_{0}) *N/cm*^{2}.

The specimens are kept in the bomb, at a temperature of: (70^{+1}_{0}) °C *for four days (96 h). Immediately afterwards, they are taken out of the bomb and left at ambient temperature, avoiding direct daylight, for at least 16 h.*

After the test, the specimens are examined and shall show no cracks with normal vision or corrected vision without magnification.

NOTE In case of doubt with regard to materials other than rubber, an alternative method has to be used (c.f. 14.3 and 26.3).

The use of the oxygen bomb presents some danger, unless handled with care. All precautions should be taken to avoid the risk of explosion due to sudden oxidation.

19.10 When protection of **hazardous live parts** against accidental contact is ensured by an insulating coating, this coating shall be capable of withstanding the following tests.

a) Ageing test

The coated part is subjected to the conditions described in section one (test Ba) of IEC 60068-2-2, at a temperature of (70 ± 2) °C for a period of seven days (168 h).

After this treatment, the part is allowed to cool to ambient temperature and inspection shall show that the coating has not loosened up or shrunk away from the base material.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) Impact test

The part is then conditioned for a period of 4 h at a temperature of (–10 ± 2) °C. While still at this temperature, the coating is subjected to a blow applied to any point of the layer that is likely to be weak using a spring-operated impact hammer according to IEC 60068-2-75 with an energy of (0,5 ± 0,05) J.

After this test, the coating shall not be damaged. In particular, it shall show no cracks visible with normal vision, or corrected vision without magnification.

c) Scratch test

Finally, the part at the highest temperature attained under normal operating conditions is subjected to a scratch test. The scratches are made by means of a hardened steel pin, the end of which has the form of a cone having a top angle of 40°, its tip being rounded with a radius of (0,25 ± 0,02) mm.

Scratches are made by drawing the pin along the surface at a speed of about 20 mm/s as shown in Figure 4. The pin is so loaded that the force exerted along its axis is (10 ± 0,5) N. The scratches are at least 5 mm apart and at least 5 mm from the edge of the specimen.

After this test, the coating shall not loosen or be pierced, and it shall withstand a dielectric strength test as specified in Clause 18, the test voltage being applied between the base material and a metal foil in contact with the coating.

NOTE The tests may be conducted on a separate specimen of the coated part.

19.11 Handles, operating levers, knobs and similar parts shall be of insulating material or be adequately covered by **supplementary insulation**, or separated from their shafts or fixing by such insulation in the event the shafts or fixing are likely to become live during an insulation breakdown.

Compliance is checked by inspection and, if necessary, by the requirements specified for ***supplementary insulation****.*

19.12 Winding construction

19.12.1 In all types of **transformers**, precautions shall be taken to prevent:

– undue displacement of **input** or **output windings** or the turns thereof;
– undue displacement of internal wiring or wires for external connections;
– undue displacement of parts of windings or of internal wiring, in the event of rupture of wires or loosening of connections;

Compliance is checked by inspection and by the tests of Clause 16.

The last turn of each winding shall be prevented from being displaced.

NOTE 1 Means of prevention may be:

– positive means such as tape, suitable bonding agent, or anchoring the wire;
– or process technology.

NOTE 2 A **protective screen**, if necessary, in order to prevent eddy current losses due to creation of a short turn, should be so arranged that both edges can neither simultaneously touch each other nor touch an iron core.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

19.12.2 Where serrated tape is used as insulation, it is assumed that the serration of the different layers will coincide. For distance through insulation, the reduced values of Table 13, Table C.1 and Table D.1 may be used if one additional layer of serrated tape and one additional layer without serration placed at the location of the serration are used.

NOTE 1 An example is given in M.2.1 b).

Where cheekless bobbins (bobbins without flange) are used, the end turns of each layer shall be prevented from being displaced.

NOTE 2 Each layer can, for example, be interleaved with adequate insulation material projecting beyond the end turns of each layer and, moreover:

– either the winding(s) may be impregnated with hard-baking or cold-setting material, substantially filling the intervening spaces and effectively sealing-off the end turns;

– or the winding(s) may be held together by means of insulating material or by process technology.

Compliance is checked by inspection and by the tests of Clauses 16, 17, and 18.

19.12.3 Insulated winding wires, in an insulation system providing **basic** or **reinforced insulation**, shall meet the following requirements.

a) Where the insulation on the winding wire is used to provide **basic insulation** in a wound component without additional interleaved insulation:
   – the insulated wire (for example polyimide or insulation of equivalent quality) shall comply with Annex K;
   – the insulation of one **insulated winding wire** shall consist of at least two layers;

b) Where the insulation on the winding wire is used to provide **reinforced insulation** in a wound part:
   – the insulated wire (for example polyimide or insulation of equivalent quality) shall comply with Annex K;
   – the insulation of one **insulated winding wire** shall consist of at least three layers;
   – the insulation is subjected to the relevant dielectric strength test of 18.3 which is conducted at a voltage multiplied by the factor 1,25.

   Where the insulated winding wire is wound:
   – upon metal or ferrite cores or
   – upon enamelled wire or;
   – under enamelled wire;

   an additional insulation complying with dti in Table 13 for **supplementary insulation** shall be provided between the insulated wires and the core or between the insulated wires and the enamelled wires.

NOTE This requirement takes into consideration the mechanical production stress applied to the **insulated winding wires**.

The manufacturer of the **transformer** shall demonstrate that the winding wire has been subjected to 100 % routine dielectric strength test as in K.3.

No requirements for creepage distances and clearances are applicable for the insulated winding wires.

For windings providing **reinforced insulation**, no value is required in box 2) c) of Table 13, Table C.1 and Table D.1,

Compliance is checked by inspection of the part and the declaration of the wire manufacturer.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

19.13 Handles, operating levers and similar parts shall be fixed in a reliable manner so that they will not become loose as a result of heating, vibration, etc. which may occur in normal use.

Compliance is checked by inspection and by the tests of Clauses 14 and 16.

19.14 Covers providing protection against electric shock shall be securely fixed. The fixing shall be achieved by at least two independent means, one of which at least requires the use of a **tool**.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

NOTE 1 The cover may incorporate a means, such as a notch or a rim, which forms one of the required fixing means.

NOTE 2 Screws may be used as means requiring the use of a **tool**, but knurled nuts or screws, even if they have provision for sealing, are not suitable.

19.15 Transformers provided with pins intended to be introduced into fixed socket-outlets shall not impose undue strain on these socket-outlets.

*Compliance is checked by inserting the **transformer**, as in normal use, into a fixed socket-outlet complying with IEC 60083, the socket-outlet being pivoted about the horizontal axis through the central lines of the contact tubes at a distance of 8 mm behind the engagement face of the socket-outlet.*

The additional torque which has to be applied to the socket-outlet to maintain the engagement face in the vertical plane shall not exceed 0,25 Nm.

19.16 Portable transformers with a **rated output** not exceeding 200 VA shall have a protection index IP20 or higher. For **transformers** having a protection index of IPX0, it shall be stated in the instructions for use that such **transformers** are only intended for indoor use.

Portable transformers having a **rated output** exceeding 200 VA but not exceeding 2,5 kVA for single-phase **transformer**s, or not exceeding 6,3 kVA for polyphase **transformers**, shall have a protection index IPX4 or higher.

Portable transformers having a **rated output** exceeding 2,5 kVA for single-phase **transformers**, or exceeding 6,3 kVA for polyphase **transformers**, shall have a protection index IP21 or higher.

19.17 Transformers having a protection index from IPX1 up to and including IPX6 shall have an effective drain hole at least 5 mm in diameter or 20 mm^2 in area, with a width of at least 3 mm.

The drain hole is not required if the **transformer**, including its windings and core and all uninsulated live parts, are completely embedded in an appropriate potting material.

19.18 Transformers having a protection index higher than IPX1 shall be provided with a moulded-on plug, if any.

19.19 Class I portable transformers designed for connection by means of a flexible cable or cord, shall be provided with a **non-detachable** flexible cable or cord with protective earth conductor and a plug with protective earth contact.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

If a c**lass I stationary transformer** is equipped with a **non-detachable** flexible cable or cord, the cable or cord shall have a protective earth conductor and the plug shall have a protective earth contact.

Compliance with the requirements of 19.16 to 19.19 is checked by inspection, by measurement, and by the tests of 17.1.

19.20 Live parts of **SELV**- and **PELV-circuits** shall be electrically separated from each other and from other circuits. Taking the relevant **working voltage** into account the following requirements shall be met:

– **SELV output circuits** shall be electrically separated from all circuits other than **SELV** and **PELV** by **double** or **reinforced insulation**.

– **SELV output circuits** shall be electrically separated from other **SELV** and **PELV circuits** by **basic insulation**.

NOTE 1 This requirement does not exclude the connection of **PELV-circuit** to protective earth.

*Compliance is checked by compliance with 19.20.1 for **SELV-circuits** and 19.20.2 for **PELV-circuits***

19.20.1 Live parts of **SELV-circuits** shall not be connected to protective earth, to **live parts,** or protective earth conductors forming part of other circuits.

Exposed **conductive parts** of **SELV-circuits** shall not be connected to:

– protective earth, or to

– protective earth conductors or exposed **conductive parts** of another circuit.

If the nominal voltage exceeds 25 V a.c. or 60 V ripple-free d.c., protection against direct contact shall be provided by insulation capable of withstanding a test voltage for **double** or **reinforced insulation** according to Table 8a.

If the nominal voltage does not exceed 25 V a.c. or 60 V ripple-free d.c., protection against direct contact is generally unnecessary. However, it may be necessary under certain conditions of external influences (see relevant part 2).

19.20.2 For **PELV-circuits**, the following requirements shall be fulfilled.

Protection against direct contact shall be ensured by insulation capable of withstanding a test voltage for **double** or **reinforced insulation** according to Table 8a.

NOTE This requirement implies that **PELV-circuits** have to be insulated even for voltages below 25 V a.c. or 60 V ripple-free d.c. Exempted are **live parts** directly connected to protective earth.

19.21 For **FELV-circuits**, the following requirements shall be fulfilled to ensure protection against both direct and indirect contact.

NOTE Such conditions may, for example, be ensured when the circuit contains equipment (such as **transformers**, relays, remote-control switches, contactors) insufficiently insulated with respect to circuits at higher voltages.

Protection against indirect contact shall be provided by insulation corresponding to the minimum test voltage required for the primary circuit.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

19.22 Class II transformers shall not be provided with means for protective earthing.

However, a **class II transformer** intended for looping-in may have an internal terminal for maintaining the electrical continuity of an protective earth conductor not terminating in the **transformer**, provided that the terminal is insulated from the accessible **conductive parts** by class II insulation.

Compliance is checked by inspection.

19.23 Class III transformers shall not be provided with means for protective earthing.

Compliance is checked by inspection.

20 Components

Components such as switches, plugs, fuses, lampholders, capacitors and flexible cables and cords shall comply with the relevant IEC standard as far as it reasonably applies.

Components incorporated in or supplied with the **transformers** are subjected to all tests of this standard as part of the **transformer**.

Compliance with the IEC standard for the relevant component does not necessarily ensure compliance with the requirements of this standard.

The testing of these components is, in general, carried out separately, according to the relevant standard, as follows:

– components marked with individual ratings are checked to establish that they suit the conditions which may occur in the **transformer**, including inrush current. The component is then tested in accordance with its marking, the number of specimens being that required by the relevant standard;
– components not marked with individual ratings are tested under the conditions occurring in the **transformer**, including inrush current, the number of specimens being, in general, that required by the relevant standard;
– where no IEC standard exists for the relevant component, or where the component is not marked, or where the component is not used in accordance with its marking, the component is tested under the conditions occurring in the **transformer**; the number of specimens being, in general, that required by a similar specification.

20.1 Appliance couplers for mains supply shall comply with the IEC 60320 series for IPX0 **transformers** and IEC 60320-2-3 or IEC 60309 for other **transformers**.

20.2 Automatic controls shall comply with IEC 60730 series and the appropriate parts 2 unless they are tested with the **transformer**.

20.3 Thermal-links shall comply with IEC 60691 as far as reasonable.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

20.4 Switches forming part of the **transformer** assembly shall comply with Annex F.

In addition, switches intended to disconnect the **transformer** from the supply shall disconnect all poles and shall provide full disconnection under the relevant overvoltage category. The requirements with regard to all-pole disconnection and full disconnection do not apply to **transformers** intended to be connected to the supply by means of a flexible cable or cord and a plug, or to **transformers** accompanied by an instruction sheet stating that such means for disconnection shall be incorporated in the fixed wiring.

Compliance is checked by inspection.

20.5 There shall be no unsafe compatibility between the socket-outlets in the **output circuit** and a plug intended for direct connection to a socket-outlet which could be used for the **input circuit** in relation to installation rules, voltages, and frequencies.

Plugs and socket-outlets for **SELV** systems shall comply with the requirements of IEC 60906-3 and 60884-2-4. However, plugs and socket-outlets for **SELV** systems with both a rated current ≤ 3 A and a maximum voltage of 24 V a.c. or 60 V d.c. with a power not exceeding 72 W are allowed to comply only with the following requirements:

– it shall not be possible for plugs to enter socket-outlets of other standardised voltage systems;
– socket-outlets shall not accommodate plugs for other standardised voltage;
– socket-outlets shall not have a protective earth contact.

NOTE As IEC 60906-3 covers only 6 V, 12 V, 24 V and 48 V, **transformers** with intermediate supply voltage should be able to withstand the nearest upper voltage. Other plugs and socket-outlet systems are allowed for **associated transformers** only.

Plugs and socket-outlets for **PELV** systems shall comply with the following requirements:

– it shall not be possible for plugs to enter socket-outlets of other standardized voltage systems;
– socket-outlets shall not accommodate plugs of other standardized voltage systems;
– socket-outlets shall not have a protective earth contact.

This does not preclude the use of socket-outlets incorporating functional bonding contact.

Plugs and socket-outlets for **FELV** systems shall comply with the following requirements:

– It shall not be possible for plugs to enter socket-outlets of other standardized voltage systems; and
– socket-outlets shall not accommodate plugs of other standardised voltage systems.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

20.6 Thermal cut-outs, thermal links, **overload relays**, fuses and other overload protective devices shall have adequate breaking capacity.

Compliance of the breaking capacity of **Thermal cut-outs** *is checked by the relevant tests of 20.7 and 20.8.*

Compliance of the breaking capacity of **Thermal links** *is checked by the relevant test of 20.8*

The breaking capacity of the fuse shall be in accordance with the relevant fuse standard.

20.6.1 Fuses according to IEC 60127 and IEC 60269 are allowed to be continuously loaded by a current not exceeding 1,1 times the rated value.

20.7 Thermal cut-outs shall meet the requirements of 20.7.1.1 and 20.7.2, or 20.7.1.2 and 20.7.2.

20.7.1 Requirements according to IEC 60730-1

20.7.1.1 Thermal cut-outs when tested as separate components shall comply with the appropriate requirements and tests of IEC 60730-1.

For the purpose of this standard the following applies.

a) **Thermal cut-outs** shall be of type 1 or type 2 (see 6.4 of IEC 60730-1)

b) **Thermal cut-outs** shall have at least micro-interruption (type 1C or 2C) (see 6.4.3.3 and 6.9.3 of IEC 60730-1), or micro-disconnection (type 1B or 2B) (see 6.4.3.2 and 6.9.2 of IEC 60730-1).

c) **Thermal cut-outs** with manual reset shall have a trip free mechanism with contacts that cannot be prevented from opening against continuation of a fault (type 1E and 2E) (see 6.4.3.5 of IEC 60730-1).

d) The number of cycles of automatic action shall be:
   – 3 000 cycles for **self-resetting thermal cut-outs**,
   – 300 cycles for **non-self-resetting thermal cut-outs** which can be reset by hand without the use of a **tool** (see 6.11.10 of IEC 60730-1),
   – 300 cycles for **non-self-resetting thermal cut-outs** which can be reset when the **transformer** is disconnected (see 6.11.10 of IEC 60730-1),
   – 30 cycles for **non-self-resetting thermal cut-outs** which can only be reset by the use of a **tool** (see 6.11.11 of IEC 60730-1).

e) **Thermal cut-outs** shall be designed to withstand electrical stresses across their insulating parts for a long period of time and shall be tested accordingly (see 6.14.2 of IEC 60730-1).

f) The characteristics of **thermal cut-outs** with regard to:
   – their ratings (see Clause 5 of IEC 60730-1) ;

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

– their classification according to:
  1) nature of supply (see 6.1 of IEC 60730-1),
  2) type of load to be controlled (see 6.2 of IEC 60730-1),
  3) degree of protection provided by **enclosures** against ingress of solid objects and dust (see 6.5.1 of IEC 60730-1),
  4) degree of protection provided by **enclosures** against harmful ingress of water (see 6.5.2 of IEC 60730-1),
  5) **pollution degree** (see 6.5.3 of IEC 60730-1),
  6) their comparative tracking index (see 6.13 of IEC 60730-1), and
  7) their maximum ambient temperature limit (see 6.7 of IEC 60730-1),

  shall be appropriate for the application in the **transformer** under normal operating conditions and under fault conditions (e.g. short-circuit of the output terminals).

20.7.1.2 A **thermal cut-out** when tested as part of a **transformer** shall:

– have at least micro-interruption (type 1C or type 2C) or micro-disconnection (type 1B or 2B) according to IEC 60730-1 ;
– be aged for 300 h at a temperature corresponding to the ambient temperature of the **thermal cut-out** when the **transformer** is operated under normal operating conditions at an ambient temperature of 35 °C or, where relevant, t_a + 10 °C ;
– be subjected to a number of cycles of automatic operation as specified under 20.7.1.1 for **thermal cut-outs** tested as a separate component, by establishing the relevant fault condition(s).

The tests are carried out on three samples.

NOTE A sample consists of a **transformer** with an incorporated **thermal cut-out**.

Compliance is checked by inspection and by the specified tests.

During the tests, no sustained arcing shall occur, and there shall be no damage from other causes.

*After the tests, there shall be no damage to the **thermal cut-out** and the **transformer** in the sense of this standard, in particular, the **enclosure** shall not deteriorate, there shall be no reduction of **clearances** and **creepage distances**, and no loosening of electrical connections or mechanical securing means .*

20.7.2 Thermal cut-outs shall have adequate breaking capacity.

20.7.2.1 *A **transformer** with a **non-self-resetting thermal cut-out** is supplied at 1.1 times **rated input voltage** and the output terminals are short-circuited until the **thermal cut-out** operates. Then the supply voltage is switched off until the **transformer** cools down to approximately the room temperature. The supply voltage is then switched on (the output terminals still short circuited).*

This cycle of operation is carried out:

– *3 times at a room temperature of 25 °C ± 10 °C for **transformers** without a t_{amin} marking;*
– *3 times at min. ambient temperature t_{amin} for **transformers** with a t_{amin} marking.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*After the cycling test, the **transformer** is supplied at 1,1 times the **rated supply voltage** for 48 h with the output terminals short-circuited.*

20.7.2.2 *A **transformer** with a **self-resetting thermal cut-out** is supplied at 1,1 times the **rated input voltage** with the output terminals short-circuited.*

This operation is carried out:

– *48 hours at an ambient temperature of 25 °C ± 10 °C for **transformers** without a t_{amin} marking ;*
– *24 hours at an ambient temperature of 25 °C ± 10 °C and 24 h at min. ambient temperature t_{amin} for transformers with a t_{amin} marking.*

Compliance is checked by inspection and by the specified tests in the given order.

During these tests, no sustained arcing shall occur.

*After the test, the **transformer** shall:*

– *withstand the test of Clause 18,*
– *show no damage in the sense of this standard, and*
– *be operational.*

20.7.3 A PTC resistor of indirect heating type is considered to be a **non-self-resetting thermal cut-out by this standard**.

Compliance is checked by the following test:

*The **transformer** is supplied at 1,1 times the rated input voltage for 48 h (two days) with the output terminals short-circuited.*

– *After 48 h, the **transformer** shall be allowed to cool down to approximately ambient temperature; this test shall be repeated five times at the maximum ambient temperature declared by the **transformer manufacturer**.*
– *The same test cycles shall be repeated, except at 0,9 times the rated input voltage and the minimum ambient temperature declared by the **transformer manufacturer**.*

*During the part of the cycle where the **transformer** is under load, the PTC shall operate and stay in high impedance position until the supply is switched off. At the end of the test, the **transformer** shall withstand the test of Clause 18, shall show no damage, and shall be operational.*

20.8 Thermal-links shall be tested in one of the following two ways.

20.8.1 The **thermal-links,** when tested as separate components, shall comply with the requirements and tests of IEC 60691 .

When a **thermal link** is tested according to IEC 60691, the following applies:

– the electrical conditions (see 6.1 of IEC 60691);
– the thermal conditions (see 6.2 of IEC 60691);
– the ratings of the **thermal-link** (see 8 b) of IEC 60691); and
– suitability of the sealing compounds, and impregnating fluids or cleaning solvents (see 8 c) of IEC 60691)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

shall be appropriate for the application under normal operating conditions, and short-circuit and overload conditions.

Compliance is checked according to the test specifications of IEC 60691, by inspection, and measurement.

20.8.2 The **thermal-links when** tested as part of a **transformer,**:

– shall be aged for 300 h at a temperature corresponding to the ambient temperature of the **thermal-link** when the **transformer** is operated under normal operating conditions at an ambient temperature of 35 °C or, when relevant, t_a + 10 °C;

– shall be subjected to the **transformer** fault conditions which cause the **thermal-link** to operate. There shall be no sustained arcing during the tests, and no damage in the sense of this standard; and

– shall be capable of withstanding two times the rated voltage across the disconnection, and have an insulation resistance of at least 0,2 MΩ when measured with a d.c. voltage equal to two times the rated voltage across the disconnection.

The test is conducted 3 times; no failure is allowed. This test is not applicable to **fail safe transformers**.

The **thermal-link** is replaced, partially or completely, after each test.

Where the **thermal-link** is not replaceable, the test is conducted on three new specimens.

Compliance is checked by inspection and by specified tests in the given order.

20.9 Self-resetting thermal protective devices shall not be used unless no mechanical, electrical, or other hazards occur from their operation during and after the tests of this standard.

Compliance is checked by inspection.

20.10 Thermal cut-outs intended to be reset by soldering operation shall not be used for overload protection.

Compliance is checked by inspection.

20.11 Overload protective devices shall not operate when the supply voltage is switched on.

Compliance is checked by the following test.

*The **transformer**, with no load, is supplied from a voltage source equal to 1,1 times the **rated supply voltage**. The supply voltage is then switched on and off 20 times at intervals of approximately 10 s or at a point on the voltage wave such that the inrush current is maximized.*

NOTE The switching -on and -off may be carried out only twice if a device is used to switch on at the most unfavourable electrical angle of the supply voltage.

The supply source shall be such that the voltage drop does not exceed 2 % as a result of the inrush current.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

21 Internal wiring

21.1 Internal wiring and electrical connections between different parts of the **transformer** shall be adequately protected or enclosed.

Wire-ways shall be smooth and free from sharp edges, burrs, flashes, etc. which may damage the insulation of conductors.

21.2 Openings in sheet metal through which insulated wires pass shall have rounded edges with a radius not less than 1,5 mm, or the openings shall be provided with bushing of insulating material.

21.3 Uninsulated conductors shall be so fixed that their distance from one another and from the **enclosure** is adequately maintained.

Compliance with the requirements of 21.1 to 21.3 is checked by inspection.

21.4 Internal wiring shall not loosen up when external wires are connected to the input or output terminals.

Compliance is checked by inspection and by the test of 23.3.

21.5 Insulated conductors subject to temperatures exceeding the limitations in 14.1 under normal use shall be provided with heat-resistant and non-hygroscopic insulating materials.

Compliance is checked by inspection and, if necessary, by additional tests; the temperature is determined during the test of 14.1.

22 Supply connection and other external flexible cables or cords

22.1 All cables, flexible cords and connecting means referred to in this clause shall have appropriate current and voltage ratings suitable for the ratings of the **transformers** to which they are connected.

Compliance is checked by inspection.

22.2 Separate entries shall be provided for the input and output wiring.

Inlet and outlet openings for external wiring shall be so designed that the protective covering of the cord can be introduced without risk of damage.

Inlet and outlet openings for flexible cables or cords shall be of insulating material, or be provided with bushing of insulating material which is substantially free from ageing effects under conditions expected in service. The openings of bushings shall be so shaped as to prevent damage to the cord.

Bushings for external wiring shall be reliably fixed, and shall be such that they are unlikely to be damaged by the material in which they are mounted.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Bushings shall not be of natural rubber unless they form part of a cord guard (see 22.9).

NOTE These requirements do not preclude the use of removable bushings.

Compliance is checked by inspection.

22.3 Fixed transformers shall be so designed that, after the **transformer** has been fixed to its support in the normal way, it shall be possible to connect the rigid or flexible conductors of the external wiring.

Transformers other than those intended to be permanently connected to fixed wiring may be provided with an appliance inlet on the input side.

The space for the wires inside the **transformer** shall be adequate to allow the conductors to be easily introduced and connected, and the cover, if any, fitted without risk of damage to the conductors or their insulation.

It shall be possible to connect the external supply wires to terminals without their insulation coming into contact with **hazardous live parts** of a different polarity, including **live parts** of the **output circuits**.

Compliance is checked by inspection and by an installation test with conductors of the largest cross-sectional area corresponding to the rated connecting capacity of the terminals.

22.4 For **portable transformers** provided with **power supply cords,** the length of the cord shall:

– not exceed 2 m for cross-sectional area of 0,5 mm^2

– exceed 2 m for cross-sectional areas greater than 0,5 mm^2.

Compliance is checked by inspection.

22.5 Power supply cords of both **transformers** with protection index of IPX0 and **transformers** for “indoor use only” with protection index higher than IPX0, shall be as follows:

– for **transformers** with a mass not exceeding 3 kg, not lighter than light polyvinyl chloride sheathed flexible cable or cords (60227 IEC 52)or ordinary tough rubber sheathed flexible cable or cords (60245 IEC 53);

– for **transformers** with a mass exceeding 3 kg, not lighter than ordinary polyvinyl chloride sheathed flexible cable or cords (60227 IEC 53) or ordinary tough rubber sheathed flexible cable or cords (60245 IEC 53)

Power supply cords of **transformers** with protection index higher than IPX0, except for **transformers** for “indoor use only”, shall be polychloroprene sheathed cord and shall not be lighter than ordinary polychloroprene sheathed cord (60245 IEC 57),

22.6 Power supply cords may be cord sets fitted with appliance couplers in accordance with IEC 60320, provided the **transformers** are single-phase **portable transformers** with input current not exceeding 16 A at the **rated output**.

22.7 The nominal cross-sectional area of **external flexible cables** or **cords** shall not be less than shown in Table 9.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table 9 – Nominal cross-sectional areas of external flexible cables or cords

Input or output current at rated output A	**Nominal cross-sectional areas** mm^2
Up to and including 3 [a]	0,5
Over 3 up to and including 6	0,75
Over 6 up to and including 10	1
Over 10 up to and including 16	1,5
Over 16 up to and including 25	2,5
Over 25 up to and including 32	4
Over 32 up to and including 40	6
Over 40 up to and including 63	10
NOTE In Japan, cords having a nominal cross-sectional area of 0,5 mm^2 are not allowed for external **power supply cord**.	
[a] These cords may be used as **power supply cords** if their length does not exceed 2 m between the point where the cord or cord guard enters the **transformer** and the entry to the plug.	

Compliance is checked by inspection and by measurement.

22.8 Each **Power supply cord** of **class I transformers** shall have a green/yellow coloured cord connected to the protective earth terminal of the **transformer** and to the protective earth contact of the plug, if any.

Power supply cords of single-phase **portable transformers** having an input current at **rated output** not exceeding 16 A shall be provided with plugs complying with IEC 60083 or IEC 60906-1. Other **portable transformers** may be provided with plugs complying with IEC 60309.

Compliance is checked by inspection.

22.9 External flexible cables or cords shall be attached to the **transformer** by **type X**, **Y** or **Z attachments** unless otherwise specified in the relevant part 2.

Compliance is checked by inspection and, if necessary, by manual test.

22.9.1 For **type Z attachments**, moulding the **enclosure** of the **transformer** and the **external flexible cable or cord** together shall not affect the insulation of the cord.

Compliance is checked by inspection.

22.9.2 Inlet openings shall be designed and shaped, or be provided with an inlet bushing such that the protective covering of the **external flexible cable or cord** can be introduced without risk of damage.

The insulation between the conductor and the **enclosure** shall consist of the insulation of the conductor and, in addition:

– for **class I transformers**, at least **basic insulation**; and

– for **class II transformers**, at least **double** or **reinforced insulation**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 1 The sheath of an **external flexible cable or cord** equivalent to at least that of a cord complying with IEC 60227 or 60245 is regarded as **basic insulation**.

NOTE 2 A lining or a bushing of insulating material in a metallic enclosure is only regarded as **supplementary insulation** if it complies with the relevant requirements.

NOTE 3 An **enclosure** of insulating material is regarded as **reinforced insulation**, in which case, two separate insulations are not necessary.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

22.9.3 Inlet bushings shall:

– be so shaped as to prevent damage to the **external flexible cable or cord**;

– be reliably fixed;

– not be removable without the aid of a **tool**; and

– not be of natural rubber, except if it is an integral part of the rubber sheath of the **external flexible cable or cord** for **type X** with a special cord, **type Y** and **type Z attachments** for **class I transformers**.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

22.9.4 **Transformers** provided with cords which are moved while in operation shall be constructed so that the cord is adequately protected against excessive flexing where it enters the **transformer**. Cord guards, if any, shall be of insulating material and be fixed in a reliable manner.

Compliance is checked by the following test which is conducted on an apparatus having an oscillating member as shown in Figure 7.

*The part of the **transformer** comprising the cord entry, the cord guard, if any, and the **external flexible cable or cord** is fixed to the oscillating member so that when the latter is at the middle of its travel, the axis of the cord where it enters the cord guard or inlet is vertical and passes through the axis of oscillation. The major axis of the section of flat cords shall be parallel to the axis of oscillation.*

The cord is loaded so that the force applied is:

– *10 N for cords having a cross-sectional area exceeding 0,75 mm^2; and*

– *5 N for other cords.*

*The distance A shown in Figure 7, between the axis of oscillation and the point where the cord guard enters the **transformer**, is adjusted so that when the oscillating member moves over its full range, the cord and load make the minimum lateral movement.*

*The oscillating member is moved through an angle of 90° (45° on either side of the vertical), the number of flexings for **type Z attachments** shall be 20 000, and for other attachments 10 000. The rate of flexing shall be 60 per min.*

NOTE 1 A flexing is one movement of 90°.

The cord and its associated parts are turned through an angle of 90° after half the number of flexings, unless a flat cord is fitted.

During the test, the conductors are loaded with the maximum rated current of the circuit under test, and at the rated voltage.

NOTE 2 Current is not passed through the protective earth conductor.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The test shall not result in:

– *a short circuit between the conductors;*
– *breakage of more than 10 % of the strands of any conductor;*
– *separation of the conductor from the terminal;*
– *loosening of any cord guard;*
– *damage, within the meaning of this standard, to the cord or cord guard; and*
– *broken strands piercing the insulation and becoming accessible.*

NOTE 3 Conductors include protective earth conductors.

NOTE 4 A short circuit between conductors of the cord is considered to occur if the current exceeds a value equal to twice the rated maximum current of the circuit in question.

22.9.5 Stationary transformers intended for use with **external flexible cables or cords** and **portable transformers** shall be provided with cord anchorages for strain relief including twisting where they are connected within the **transformer**, and for protection of the insulation of the conductors against abrasion.

For **type X attachments**, glands shall not be used as cord anchorages in **portable transformers** unless they have provisions for clamping all types and sizes of cables and cords which might be used as **external flexible cables or cords**. Production methods, such as, moulded-on designs, tying the cord into a knot or tying the ends with string, are not allowed; labyrinths or similar means are permitted, provided it is clear how the **external flexible cable or cord** is to be assembled.

For **type X attachments,** the cord anchorage shall be so designed or located that:

– replacement of the cord is easily possible;
– it is clear how strain relief and prevention of twisting are to be obtained;
– it is suitable for connection of different types of cords, unless the **transformer** is designed to accommodate only a specific type of cord;
– the entire flexible cable or cord with its covering, if any, is capable of being mounted into the cord anchorage;
– it does not damage the cord and is unlikely to be damaged when it is tightened or loosened in normal use; and
– the cord cannot touch the clamping screws of the cord anchorage if these screws are accessible or in contact with accessible **conductive parts**.

For **type X** with a special cord, and **type Y** and **Z attachments**, the cores of the **external flexible cable or cord** shall be insulated from accessible **conductive parts** by insulation complying with the requirements for **basic insulation** for **class I transformers**, and the requirements for **supplementary insulation** for **class II transformers**.

This insulation may consist of:

– a separate insulating barrier fixed to the cord anchorage;
– a special lining fixed to the cord; or
– for **class I transformers**, the sheath of a sheathed cord.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

For **type X** with a special cord, and **type Y attachments**, the cord anchorage shall be so designed that:

– the replacement of the **external flexible cable or cord** does not impair compliance with this standard;

– the entire flexible cable or cord with its covering, if any, is capable of being mounted into the cord anchorage;

– it does not damage the cord and is unlikely to be damaged when it is tightened or loosened in normal use; and

– the cord cannot touch the clamping screws of the cord anchorage if these screws are accessible or in contact with accessible conductive parts;

Compliance is checked by inspection and by the following tests.

*For **type X attachments**, except with a special cord, the **transformer** shall be fitted with a suitable **external flexible cable or cord**. The conductors shall be introduced into the terminals, and the terminal screws, if any, shall be tightened sufficiently to prevent the conductors from shifting position. The cord anchorage shall be used in the normal way, its clamping screws tightened with a torque equal to two-thirds of that specified in Table 11.*

*The tests are first conducted with the lightest permissible type of cord of the smallest cross-sectional area specified in Table 9 and then with the next heavier type of cord of the largest cross-sectional area specified, unless the **transformer** is designed to accommodate only a specific type of cord.*

*For **type X** with a special cord, and **type Y** and **Z attachments**, the **transformer** is tested with the cord in place.*

*It shall not be possible to push the cord into the **transformer** to the extent that the cord or internal parts of the **transformer**, could be damaged.*

The cord shall then be subjected 25 times to a pull force of the value shown in Table 10. The pull force shall be applied in the most unfavourable direction without a jerking motion, each time for 1 s.

Immediately after the pull tests, the cord is subjected for 1 min to a torque of the value shown in Table 10.

Table 10 – Pull and torque to be applied to external flexible cables or cords fixed to stationary and portable transformers

Mass of transformer kg	Pull N	Torque Nm
Up to and including 1	30	0,1
Over 1 up to and including 4	60	0,25
Over 4	100	0,35

The cord shall not be damaged during the tests.

After the tests, the cord shall not be longitudinally displaced by more than 2 mm, and the conductors shall not shift over a distance of more than 1 mm in the terminals, nor shall there be appreciable strain at the connection.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

__Creepage distances__ and __clearances__ shall not be reduced below the values specified in Clause 26.

For the measurement of the longitudinal displacement, a mark is made on the cord at a distance of approximately 20 mm from the cord anchorage or other suitable point before starting the tests.

After the tests, the displacement of the mark on the cord in relation to the cord anchorage or other point is measured, while the cord is still under the pull force.

22.9.6 The space for the supply cables or the **external flexible cable or cord** provided inside for the connection:

a) to fixed wiring and for **type X** and **Y attachments** shall be designed to:
   - permit checking the proper connection and positioning of the conductors prior to fitting of cover, if any;
   - ensure the covers, if any, can be fitted without risk of damage to the conductors or their insulation;
   - prevent, for **portable transformers,** the un-insulated end of the conductor, should it pull free from the terminal, from coming into contact with accessible **conductive parts**, unless, for **type X** and **Y attachments**, the cord is provided with terminations that are unlikely to pull free from the conductor; and

b) to fixed wiring and for **type X attachments**, in addition shall be:
   - adequate to allow the conductors to be easily introduced and connected; and
   - designed such that covers, if any, giving access to terminals for external conductors can only be removed with the aid of a **tool**.

Compliance is checked by inspection and by manual tests.

23 Terminals for external conductors

23.1 **Transformers** intended to be permanently connected to fixed wiring, and **transformers** other than those provided with external flexible cords with **type Y** or **Z attachments** shall be provided with terminals in which connection is made by means of screws, nuts or equally effective devices.

Terminals that are an integral part of the __transformer__ shall comply with IEC 60999-1 under the conditions prevailing in the __transformer__.

Other terminals shall be:

- *either separately checked according to IEC 60998-2-1, IEC 60998-2-2 or IEC 60947-7-1, and used in accordance with their marking, or*
- *checked according to IEC 60999-1 under the conditions prevailing in the __transformer__.*

For **transformers** with **type X attachment**, soldered connections may be used for external conductors, provided that the conductor is so positioned or fixed that reliance is not placed upon soldering alone to maintain the conductor in position, unless barriers are provided so that **creepage distances** and **clearances** between **hazardous live parts** and other conductive parts cannot be reduced to less than 50 % of the values specified in Clause 26, should the conductor break away at the soldered joint.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

For **transformers** with **type Y** and **Z attachments**, soldered, welded, crimped and similar connections may be used for external conductors.

For **class II transformers**, the conductor shall be so positioned or fixed that reliance is not placed upon soldering, crimping, or welding alone to maintain the conductor in position, unless barriers are provided so that **creepage distances** and **clearances** between **hazardous live parts** and other **conductive parts** cannot be reduced to less than 50 % of the values specified in Clause 26, should the conductor break away at the soldered or welded joint, or slip out of the crimped connections.

NOTE In general, hooking-in before soldering is considered to be a suitable method for retaining the conductor of a flexible cable or cord in position, provided the hole through which the conductor is passed is not unduly large.

23.2 Terminals for **type X** attachment with a special cord, and **types Y** and **Z attachments** shall be suitable for their purpose.

Compliance with the requirements of 23.1 and 23.2 is checked by inspection and by applying a pull force of 5 N to the connection immediately before the test of 14.1.

23.3 Terminals, other than those with **type Y** or **Z attachments**, shall be so fixed that when the clamping means is tightened or loosened, the terminal does not loosen up, internal wiring is not subjected to stress, and **creepage distances** and **clearances** are not reduced below the values specified in Clause 26.

23.4 Terminals, other than those with **type Y** or **Z attachments**, shall be so designed that they clamp the conductor between metallic surfaces with sufficient contact pressure, and without damage to the conductor.

Compliance with the requirements of 23.3 and 23.4 is checked by inspection and by measurement after fastening and loosening 10 times a conductor of the largest cross-sectional area corresponding to the rated connecting capacity of the terminal, and the torque applied shall be equal to two-thirds of the torque specified in Clause 25.

NOTE Securing with sealing compounds without other means of clamping is not considered sufficient. However, self-hardening resins may be used to secure terminals that are not subject to torsion in normal use.

23.5 Terminals provided for connection to fixed wiring, and terminals with **type X attachment** shall be located near their associated terminals of different polarities and the protective earth terminal, if any.

Compliance is checked by inspection.

23.6 Terminal blocks and similar devices shall not be accessible without the aid of a **tool**, even if their **hazardous live parts** are not accessible.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

23.7 Terminals or terminations of **transformers** with **type X attachment** shall be so located or shielded that, should a strand of wire from a stranded conductor pull out when the conductors are fitted, there shall be no risk of accidental connection between **live parts** and accessible **conductive parts,** and in case of **class II transformers**, between **live parts** and **conductive parts** separated from accessible **conductive parts** by **supplementary insulation** only.

Compliance is checked by inspection and by the following test.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

An 8 mm length of insulation is removed from the end of a flexible conductor having a nominal cross-sectional area as specified in Clause 22. One strand of wire from the stranded conductor is left free, and the other strands are fully inserted into the terminal and clamped in.

The free strand of wire is bent in every possible direction without making sharp bends round barriers and without tearing the insulation back . The free strand of wire connected to a live terminal shall not touch any accessible conductive parts. For ***class II transformers****, it shall also not touch any conductive part separated from accessible conductive parts by basic or* ***supplementary insulation*** *only. The free strand of wire from a conductor connected to an earthing terminal shall not touch any* ***hazardous live part****.*

23.8 Terminals without pressure plate shall be provided with at least two clamping screws if the current exceeds 25 A.

Compliance is checked by inspection.

23.9 Terminal screws, other than screws of terminals for the connection of protective earth conductors shall not come into contact with any accessible **conductive parts**. For **class II transformers,** they shall also not touch any conductive parts separated from accessible conductive parts by **basic** or **supplementary insulation** only when the screws are loosened up as far as possible.

Compliance is checked by inspection during the test of 23.2.

24 Provisions for protective earthing

24.1 Accessible conductive parts of **class I transformers** which may become live in the event of an insulation break down shall be permanently and reliably connected to a protective earth terminal within the **transformer**.

Class II transformers shall have no provisions for earthing the **transformer** except for functional purposes.

Compliance is checked by inspection.

NOTE If accessible **conductive parts** are separated from **hazardous live parts** by a conductive screen connected to the protective earth terminal, or if they are separated from **hazardous live parts** by **double insulation** or **reinforced insulation**, they are not, for the purpose of this requirement, regarded as likely to become live in the event of an insulation break down.

24.2 Protective earth terminals for connection to fixed wiring, and protective earth terminals with **type X attachment** shall comply with the requirements of Clause 23. Their clamping means shall be adequately locked against accidental loosening, and it shall not be possible to loosen them without the aid of a **tool**.

Compliance is checked by inspection, by manual test and by the tests of Clause 23.

NOTE Some terminals, especially, the pillar types, may require special provisions, such as an adequately resilient part not likely to be removed inadvertently.

24.3 All parts of the protective earth terminal shall be such that there is no risk of corrosion resulting from contact between these parts and the copper of the protective earth conductor, or any other metal that is in contact with these parts.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

If the **body** of the protective earth terminal is part of a frame or **enclosure** of aluminium or aluminium alloy, precautions shall be taken to avoid the risk of corrosion resulting from contact between copper and aluminium or its alloys.

Compliance is checked by inspection.

The **body** of the protective earth terminal shall be of brass or other metal not less resistant to corrosion, unless it is a part of the metal frame or **enclosure**, in which case, the screw or nut shall be of brass or other metal equally resistant to corrosion.

24.4 The connection between the protective earth terminal and parts required to be connected thereto shall be of low resistance.

Compliance is checked by the following test.

A current derived from an a.c. source, having a no-load voltage not exceeding 12 V and equal to 1,5 times the rated input current or to 25 A, whichever is greater, is passed for 1 min between the protective earth terminal and each of the ***accessible conductive parts*** *in turn.*

NOTE 1 Rated input current is determined as the quotient of the **rated output** by the **rated supply voltage,** or for polyphase **transformer**s, by $\sqrt{n}$ times the **rated supply voltage,** n being the number of phases.

The voltage drop between the protective earth terminal and the ***accessible conductive part*** *is measured and the resistance calculated from the current and this voltage drop.*

In no case shall the resistance exceed 0,1Ω.

In case of doubt, after 1 min, the test shall be conducted until steady state conditions are established.

NOTE 2 Care is taken that the contact resistance between the tip of the measuring probe and the conductive part under test does not affect the test results.

NOTE 3 The resistance of the supply flexible cable or cord, if used for convenience in the test, is not included in the resistance measurement.

NOTE 4 The cores of IP00 **transformers** are considered to be not accessible.

24.5 For **class I transformers** with **external flexible cables or cords**, the arrangement of the terminals, or the length of the conductors between the cord anchorage and the terminals, shall be such that the current-carrying conductors are stretched before the protective earth conductor if the cord pulls out of the cord anchorage.

25 Screws and connections

25.1 Screwed connections, electrical or otherwise, shall withstand the mechanical stresses occurring in normal use.

Screws transmitting contact pressure, and screws which are likely to be tightened by the user and have a nominal diameter less than 2,8 mm, shall screw into metal.

Screws shall not be of soft metal liable to creep, such as, zinc or aluminium.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Screws of insulating material shall not be used for any electrical connection.

Screws shall not be of insulating material if their replacement by a metal screw could impair **basic insulation** between **input** and **output circuit**, **supplementary insulation,** or **reinforced insulation**, and the screws which may be removed when replacing a **power supply cord** shall not be of insulating material if their replacement by a metal screw could impair **basic insulation**.

Compliance is checked by inspection and, for screws and nuts transmitting contact pressure or which are likely to be tightened by the user, by the following test.

The screws or nuts are tightened and loosened:

– *ten times for a screw in engagement with the threads of insulating material, and*

– *five times for nuts and other screws.*

Screws in engagement with the threads of insulating material are completely removed and re-inserted each time.

When testing terminal screws and nuts, a flexible cable or cord of the largest cross-sectional area specified in Table 9 is placed in the terminal and it is repositioned before each tightening.

The test is conducted by means of a suitable test screwdriver, spanner or key, applying a torque as shown in Table 11, the appropriate column shall be:

a) for metal screws without heads, if the tightened screw does not protrude from the hole I

b) for other metal screws and for nuts II

c) for screws of insulating material:

– having a hexagonal head with the dimension across flats exceeding the overall thread diameter, or

– with a cylindrical head and a socket for a key, the socket having a dimension across flats not less than 0,83 times the overall thread diameter, or

– with a head having a slot or cross slots, the length of which exceeds 1,5 times the overall thread diameter II

d) for other screws of insulating material III

Table 11 – Torque to be applied to screws and connections

Nominal diameter of screw	Torque Nm		
mm	I	II	III
Up to and including 2,8	0,2	0,4	0,4
Over 2,8 up to and including 3,0	0,25	0,5	0,5
Over 3,0 up to and including 3,2	0,3	0,6	0,6
Over 3,2 up to and including 3,6	0,4	0,8	0,6
Over 3,6 up to and including 4,1	0,7	1,2	0,6
Over 4,1 up to and including 4,7	0,8	1,8	0,9
Over 4,7 up to and including 5,3	0,8	2,0	1,0
Over 5,3 up to and including 6,0	–	2,5	1,25

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The conductor is moved each time the screw or nut is loosened.

During the test, no damage impairing further use of the screwed connections shall occur.

NOTE 1 Screws or nuts likely to be tightened by the user include screws intended to be operated when replacing **power supply cords** with **type X attachment**.

NOTE 2 The blade of the test screwdriver shall fit the head of the screw to be tested. The screws and nuts should be tightened without jerking motion.

25.2 Screws in engagement with a thread of insulating material shall have a length of engagement of at least 3 mm plus one-third of the nominal screw diameter or 8 mm, whichever is shorter.

Proper introduction of the screw into the screw hole or nut shall be ensured.

Compliance is checked by inspection and by the test of 25.1, and the torque applied shall be increased to 1,2 times the torque specified.

NOTE The requirement for the proper introduction is met if introduction of the screw in a slanting manner is prevented (e.g., by guiding the screw using the part to be fixed, by a recess in the female thread, or by the use of a screw with the leading thread removed).

25.3 Electrical connections shall be so designed that contact pressure is not transmitted through insulating material other than ceramic or pure mica, unless there is sufficient resiliency in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or distortion of the insulating material.

25.4 Thread-forming screws (sheet metal screws) shall not be used for the connection of current-carrying parts, unless they clamp these parts directly in contact with each other, and are provided with suitable locking means .

Thread-cutting (self-tapping) screws shall not be used for the connection of current-carrying parts unless they generate a full form standard machine screw thread. Such screws shall not, however, be used if they are likely to be operated by the user or installer unless the thread is formed in a length of material previously obtained by a swaging action.

Thread-cutting and thread-forming screws, when used to provide earthing continuity, shall be such that it is not necessary to disturb the connection in normal use, and at least two screws are used for each connection.

Compliance with the requirements of 25.3 and 25.4 is checked by inspection.

25.5 Screws making mechanical connections between different parts of the **transformer** shall be locked against loosening if the connection carries current or forms part of the protective earth circuit.

Rivets used for current-carrying connections shall be locked against loosening if these connections are subject to torsion in normal use.

Compliance is checked by inspection and by manual test.

NOTE 1 Spring washers and the like may provide satisfactory locking.

NOTE 2 For rivets, a non-circular shank or an appropriate notch may be sufficient.

NOTE 3 Sealing compounds softening due to heat provide satisfactory locking only for screw connections not subjected to torsion in normal use.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

25.6 *Screwed glands shall comply with the following test:*

Screwed glands shall be fitted with a cylindrical metal rod having a diameter equal to the nearest whole number of millimetres below the internal diameter of the packing. The glands shall then be tightened by means of a suitable spanner, and the force shown in Table 12 shall be applied to the spanner for 1 min at a point 250 mm from the axis of the gland.

Table 12 – Torque test on glands

Diameter of test rod mm	Force	
	Metal glands N	Glands of moulded material N
Up to and including 14	25	15
Over 14 up to and including 20	30	20
Over 20	40	30

*After the test, the **transformer** and the glands shall show no damage.*

26 Creepage distances, clearances and distances through insulation

26.1 **Creepage distances**, **clearances** and distances through insulation shall not be less than the values shown in Table 13 for insulating materials of group IIIa (see IEC 60664-1).

Compliance is checked by measurements under the provisions of 26.2 and 26.3.

NOTE 1 For materials of groups I and II, see Annexes C and D.

NOTE 2 Table 13, Table C.1 and Table D.1 are applicable only for frequencies up to and including 30 kHz.

Creepage distances and **clearances** are measured, using the supply cable and cords for connection to fixed wiring and those for **type X attachment** with maximum and minimum size conductors corresponding to the rated connecting capacity of the terminal. For **type X** with a special cord, **Y** or **Z attachments**, the supply cable and cords as delivered are used.

Where layers of serrated tapes are used, the value for **creepage distances** and **clearances** are determined as if the layers of serration coincided with one another.

NOTE 4 Diagrams showing some examples of the methods of measurement of **creepage distances** and **clearances** are found in Annex A.

NOTE 5 Diagrams showing some examples of points of measurement of **creepage distances** and **clearances** are given in Annex P.

NOTE 6 Details of the tests necessary to determine the separation of material groups are given in Annex G.

NOTE 7 Table 13, Table C.1 and Table D.1 take into consideration over voltage category II for **basic insulation** and over voltage category III for **double** or **reinforced insulation**.

Values for printed wiring boards where failure may cause a hazard in the sense of this standard, shall be the same as unreduced values for **live parts** as in Table 13, Table C.1 and Table D.1, except if the printed wiring board complies with the requirements of IEC 60664-3.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

If the **pollution** results in high and persistent conductivity caused, for instance, by conductive dust, rain or snow, the **creepage distances** and **clearances**, as given for **pollution degree 3**, shall be further increased with a minimum **clearance** of 1,6 mm and a value of X in Annex A of 4,0 mm.

26.2 Creepage distances and clearances (cr)

The **creepage distance** and clearance values are shown in Tables 13, C.1 and D.1.

26.2.1 Windings covered with adhesive tape

For windings covered with an adhesive bonding tape adhering to the flanges of a coil former, the values of creepage path are considered along the bonded surface of the adhesive bonding tape. Reduced values are those stated for **pollution degree 1** (P1), provided:

– all insulating materials are classified according to IEC 60085 and IEC 60216;

– the impulse voltage dielectric test of 4.1.1.2.1 of IEC 60664-1 is fulfilled; and

– the test A of 26.2.3 is fulfilled.

Clearance values are not required.

26.2.2 Uncemented insulationing parts

Where an insulation barrier consisting of an uncemented snap-on partition wall is used, **creepage distances** and **clearance** are measured through the joint. If the joint is covered by adhesive bonding tape in accordance with IEC 60454, one layer of adhesive bonding tape is required on each side of the wall in order to reduce the risk of tape folding over during production.

The materials used shall be classified according to IEC 60085 and IEC 60216.

The values stated for **pollution degree 1** (P1) do not apply.

26.2.3 Cemented insulating parts

For **transformers** with cemented parts or parts adhered together, no minimum **creepage distance** and **clearance** are required through the joint. Only the values for distance through insulation (d.t.i.) apply. In this case, the impulse voltage dielectric test of 4.1.1.2.1 of IEC 60664-1 shall also be fulfilled.

The materials used shall be classified according to IEC 60085 and IEC 60216.

In order to check whether the parts are adequately cemented or adhered, the following tests are performed as appropriate:

- ***Test A***

*Three specially prepared specimens with winding wires replaced by uninsulated wires without any impregnation or potting are required. The windings shall be constructed such that there is no possible flashover between **input** and **output windings** anywhere other than in the cemented joint to be tested.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The specimens shall be subjected 10 times to the following sequence of temperature cycles:

68 h at the highest winding temperature ± 2 °C measured in normal use plus 10 K with a minimum of 85 °C;

1 h at 25 °C ± 2 °C;

2 h at 0 °C ± 2 °C;

1 h at 25 °C ± 2 °C.

Two of the three specimens shall then be subjected to the humidity treatment of 17.2 (48 h treatment) and the relevant dielectric strength test of 18.3, except the test voltage is multiplied by 1,35.

One of the three specimens shall be subjected to the relevant dielectric strength test of 18.3 immediately after the last period at the highest temperature during the thermal cycling test, except the test voltage is multiplied by 1,35.

NOTE The test voltage applied to the specimens for cemented parts is higher than the normal test voltage in order to ensure that if the surfaces are not cemented together a breakdown occurs.

26.2.4 Enclosed parts (e.g. by impregnation or potting)

26.2.4.1 For **transformers** with parts enclosed or hermetically sealed against ingress of dust and moisture, and satisfying the following tests, the minimum required **creepage distances** may be the reduced values as stated for pollution degree 1 (P1). In this case, the impulse voltage dielectric test of 4.1.1.2.1 of IEC 60664-1 shall also be fulfilled.

No clearance values are required.

The materials used shall be classified according to IEC 60085 and IEC 60216.

In order to check whether the parts are adequately potted or impregnated, the following tests are performed as appropriate:

- **Test B**

To test the potting or the impregnation, three prepared specimens shall be used as follows. For components where potting or impregnation is used, the reliability of the joint is checked by subjecting the samples to the dielectric strength test applied only directly to the joint.

The specimens shall be subjected 10 times to the following sequence of temperature cycles:

68 h at the highest winding temperature ± 2 °C measured in normal use plus 10 K with a minimum of 85 °C;

1 h at 25 °C ± 2 °C;

2 h at 0 °C ± 2 °C;

1 h at 25 °C ± 2 °C.

*During each thermal cycling test, a voltage of twice the value of the **working voltage** at 50 or 60 Hz shall be applied to the specimens between the windings where the reduced values apply.*

Two of the three specimens shall then be subjected to the humidity treatment of 17.2 (48 h treatment) and the relevant dielectric strength test of 18.3 conducted at a voltage multiplied by 1,25.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

One of the three specimens shall be subjected to the relevant dielectric strength test of 18.3 immediately at the end of the last period at the highest temperature during the thermal cycling test conducted at a voltage multiplied by 1,25.

26.2.4.2 For **transformers** with parts enclosed or hermetically sealed against ingress of dust and moisture, and satisfying the following tests, no minimum **creepage distances** and **clearances** are required. Only the values for distance through insulation (d.t.i)apply. In this case, the impulse voltage dielectric test of 4.1.1.2.1 of IEC 60664-1 shall also be fulfilled.

In order to check whether the parts are adequately potted or impregnated, the following tests shall be performed as appropriate:

- **Test C**

To test the potting or the impregnation three specimens shall be used.

*For components where insulating compound forms solid insulation between **conductive parts**, finished components shall be tested. There shall be neither cracks nor voids in the insulating compounds.*

The specimens shall be subjected 10 times to the following sequence of temperature cycles:

68 h at the highest winding temperature ± 2 °C measured in normal use plus 10 K with a minimum of 85 °C;

1 h at 25 °C ± 2 °C;

2 h at 0 °C ± 2 °C;

1 h at 25 °C ± 2 °C.

*During each thermal cycling test, a voltage of twice the value of the **working voltage** at 50 or 60 Hz shall be applied to the specimens between the windings where the reduced values apply.*

Two of the three specimens are then subjected to the humidity treatment of 17.2 (48 h treatment) and the relevant dielectric strength test of 18.3 conducted at a voltage multiplied by 1,35.

One of the three specimens shall be subjected to the relevant dielectric strength test of 18.3 immediately at the end of the last period at highest temperature during the thermal cycling test conducted at a voltage multiplied by 1,35.

26.3 Distance through insulation (dti)

The distances through insulation (dti) are required for **supplementary**, **double** or **reinforced** insulation only as shown in boxes 2b,2c and 7 of Tables 13, C.1 and D.1.

The insulation shall fulfil either the material classification as given in IEC 60085 and IEC 60216 or the test of 14.3.

NOTE The material is considered as having adequate mechanical strength and resistance to ageing if it fulfils the test of 14.3.

The requirements concerning distance through insulation do not imply that the prescribed distance shall be through solid or thin sheet insulation only. It may consist of the thickness of solid or thin sheet insulation plus a specified clearance distance.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

26.3.1 In case of solid insulation, the required values in the tables are marked by the index [d]. For classified materials in accordance to IEC 60085 and IEC 60216, distances through insulation multiplied by 0,4 with a minimum of 0,2 mm for **reinforced insulation** and of 0,1 mm for **supplementary insulation** for **working voltage** above 25 V may be used if the test of 14.3 is fulfilled.

26.3.2 In case of insulation constructed of thin sheets of insulated material, the insulation shall be such that at every place, there is at least the required number of layers and the d.t.i as follows:

– if the layers are non separable (glued together):
  - 3 layers are required;
  - the entire composite sheet shall fulfil the mandrel test of 26.3.3 (pull force of 150 N);
  - the required values for d.t.i of Tables 13, C.1 and D.1 are marked by the index [e];
– if the layers are separated:
  - 2 layers are required; for separated serrated layers, one additional layer is required (serrated tape) plus one layer without serration fixed (e.g. adhesive);
  - each layer shall fulfil the mandrel test of 26.3.3 (pull force of 50 N);
  - the required values for d.t.i of Tables 13, C.1 and D.1 are marked by the index [e];
– if the layers are separated (alternative):
  - at least 3 layers are required; for separated serrated layers, one additional layer is required (serrated tape) plus one layer without serration fixed (e.g. adhesive);
  - two-thirds of the number of layers shall fulfil the mandrel test of 26.3.3 (pull force of 100 N);
  - the required values for d.t.i of Tables 1314, C.1 and D.1 are marked by the index [e].

NOTE Additional layers are required in case of use of serrated layers because it is assumed that different layers of serration can coincide with one another.

For classified materials in accordance to IEC 60085 and IEC 60216, no requirements for distances through insulation are required if the test of 14.3 is fulfilled.

The figures within square brackets in boxes 2 and 7 of Table 13, Annex C Table C.1 and Annex D Table D.1 shall be used as follows:

– for **transformers** having a **rated output** greater than 100 VA, the figures in square brackets apply;
– for **transformers** having a **rated output** of 25 VA up to and including 100 VA, the figures in square brackets may be reduced to two-thirds of their value;
– for **transformers** having a **rated output** of less than 25 VA, the figures in square brackets may be reduced to one-third of their value.

26.3.3 For the mandrel test, three separate test specimens of thin sheets 70 mm in width shall be supplied by the manufacturer.

The test shall be performed by fixing the specimens of thin sheets on a mandrel made of nickel plated steel or brass with smooth surface finish as shown on Figure 6.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A metal foil (aluminium or copper) 0,035 mm ± 0,005 mm thick shall be placed closely to the surface of the specimen and subjected to a pull force of 1 N. The metal foil shall be so positioned that its borders are 20 mm away from the borders of the specimen, and when the mandrel is in its final position, it covers the edges upon which the specimen is lying by at least 10 mm.

The specimen is held in place at its free end by an appropriate clamping device and subjected to:

– *a pull force of 150 N for a specimen consisting of several non separable layers;*
– *a pull force of 100 N for a specimen consisting of 2/3 the number of separated layers (serrated or not);and*
– *a pull force of 50 N for a specimen consisting of a single layer (serrated or not).*

The mandrel shall be slowly rotated forwards and backwards three times for 230° without jerking motion. If the specimen breaks at the clamping device during the rotation, the test shall be repeated. If one or more specimens break at any other place, the test is not fulfilled. While the mandrel is in its final position, within a minute following the final positioning, a dielectric strength test voltage shall be applied for 1 minute as described in 18.3 between the mandrel and the metal foil as follows:

– *a test voltage of at least 5 kV or the applicable test voltage of Clause 18.3 multiplied by 1,35 for a specimen consisting of several non separable layers (at least 3 layers) whichever is the greater;*
– *a test voltage of at least 5 kV or the applicable test voltage of 18.3 multiplied by 1,25 for a specimen consisting of 2/3 of the number of at least 3 separated layers whichever is the greater;*
– *a test voltage of at least 5 kV or the applicable test voltage of 18.3 multiplied by 1,25 for a specimen consisting of one layer of the number of 2 separated layers whichever is the greater.*

No flashover or breakdown shall occur during the test, and corona effects and similar phenomena shall be disregarded.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table 13 – Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) – Material group IIIa (175 ≤ CTI < 400)

NOTE The following table extends over several pages. For notes and footnotes, please see the final page of the table.

Dimensions in millimetres

	Type of insulation	Measurement				Working voltages [b] V											
		Through winding enamel [a]		Other than through winding enamel		≥·25 ≤ 50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr
1) Insulation between **input** and **output circuits** (**basic insulation**)	a) **Creepage distances** and **clearances** between **live parts** of **input circuits** and **live parts** of **output circuits**	X		X	X	0,2 0,8	1,2 1,9	0,5 0,8	1,4 2,2	1,5 1,5	1,6 2,5	3,0 3,0	3,0 4,7	5,5 5,5	6,0 9,5	8,0 8,0	10,0 16,0
			X			0,2 0,8	1,2 1,9	0,2 0,8	1,4 2,2	0,5 0,8	1,6 2,5	1,5 1,5	3,0 4,7	3,0 3,0	6,0 9,5	5,5 5,5	10,0 16,0
	-Reduced values, see 26.2 (P1)					-	0,18	-	0,25	-	0,3	-	0,7	-	1,7	-	3,2
	b) Distances through insulation between **input** or **output circuits** and an earthed metal screen	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						No requirements of thickness											
	c) Distances through insulation between **input** and **output circuits**	X	X	X	X	No requirements of thickness											
2) Insulation between **input** and **output circuits** (**double** or **reinforced insulation**)	a) **Creepage distances** and **clearances** between **live parts** of **input circuits** and **lives parts** of **output circuits**	X		X	X	0,5 0,8	1,4 2,2	1,5 1,5	2,0 3,2	3,0 3,0	3,0 4,7	5,5 5,5	6,0 9,5	8,0 8,0	12,0 19,2	14,0 14,0	20,0 32,0
			X			0,5 0,8	1,4 2,2	0,5 0,8	2,0 3,2	1,5 1,5	3,0 4,7	3,0 3,0	6,0 9,5	5,5 5,5	12,0 19,2	8,0 8,0	20,0 32,0
	- Reduced values, see 26.2 (P1)					-	0,25	-	0,4	-	0,7	-	1,7	-	4,0	-	7,5
	b) Distances through insulation between **input** or **output circuits** and an earthed metal screen, see 26.3.	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						0,1 [d] [0,05] [e]		0,2 [d] [0,07] [e]		0,25 [d] [0,08] [e]		0,5 [d] [0,16] [e]		0,7 [d] [0,19] [e]		1,0 [d] [0,25] [e]	
	c) Distances through insulation between **input** and **output circuits**, see 26.3.	X	X	X	X	0,2 [d] [0,1] [e]		0,3 [d] [0,1] [e]		0,5 [d] [0,15] [e]		1,0 [d] [0,3] [e]		1,5 [d] [0,4] [e]		2,0 [d] [0,5] [e]	

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table 13 *(continued)*

	Type of insulation	Measurement				Working voltages [b] V											
		Through winding enamel [a]		Other than through winding enamel		≥ 25 ≤ 50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr
3) Insulation between adjacent **input circuits** or adjacent **output circuits** [c, g]						cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr
	Creepage distances and **clearances**	X		X		0,2	1,2	0,2	1,4	0,2	1,6	0,5	3,0	1,5	6,0	3,0	10
			X		X	0,8	1,9	0,8	2,2	0,8	3,1	0,8	4,7	1,5	9,5	3,0	16
	-Reduced values see 26.2 (P1)					-	0,18	-	0,25	-	0,3	-	0,7	-	1,7	-	3,2
4) **Creepage distances** and **clearance** between terminals for the connection of external cables and cords excluding those between screw terminals for **input** and for **output circuits**	a) Up to and including 6 A	X	X	X	X	3,0		3,6		4,0		6,0		9,0		12,5	
	b) Over 6 A up to and including 16 A	X	X	X	X	5,0		6,0		7,0		10,0		13,0		16,0	
	c) Over 16 A	X	X	X	X	10,0		11,0		12,0		14,0		17,0		20,0	
5) **Basic** or **supplementary insulation** [h]	Where it is required by the standard and for example between:																
				X		0,2	1,2	0,5	1,4	1,5	1,6	3,0	3,0	5,5	6,0	8,0	10,0
	a) **live parts** of different polarity																
	b) **live parts** and the **body** if intended to be connected to protective earth				X	0,8	1,9	0,8	2,2	1,5	2,5	3,0	4,7	5,5	9,5	8,0	16,0
	c) accessible **conductive parts** and a metal rod of the same diameter as the flexible cable or cord (or metal foil wrapped around the cord) inserted inside inlet bushing, anchorage and the like.	X				0,2	1,2	0,2	1,4	0,5	1,6	1,5	2,9	3,0	6,0	5,5	10,0
			X			0,8	1,9	0,8	2,2	0,8	2,5	1,5	4,7	3,0	9,5	5,5	16,0
	d) **live parts** and an intermediate **conductive part**																
	e) an intermediate **conductive part** and the **body**																
	- Reduced values, see 26.2 (P1)					-	0,18	-	0,25	-	0,3	-	0,7	-	1,7	-	3,2

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table 13 *(continued)*

Dimensions in millimetres

	Type of insulation	Measurement				Working voltages [b] V											
		Through winding enamel [a]		Other than through winding enamel		≥·25 ≤ 50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr
6) **Reinforced** or **double insulation**	Between the **body** and **live parts** or where it is required by the standard (excluding insulation between **input** and **output windings**)			X		0,5	1,4	1,5	2,0	3,0	3,0	5,5	6,0	8,0	12,0	14,0	20,0
					X	0,8	2,2	1,5	3,2	3,0	4,7	5,5	9,5	8,0	19,2	14,0	32,0
		X				0,2	1,4	0,5	2,0	1,5	3,0	3,0	6,0	5,5	12,0	8,0	20,0
			X			0,8	2,2	0,8	3,2	1,5	4,7	3,0	9,5	5,5	19,2	8,0	32,0
	Between **body** and **live parts** of the **output circuit** if protected by additional provisions against transient voltages	X		X		0,2	1,4	0,2	2,0	0,5	3,0	1,5	6,0	3,0	12,0	5,5	20,0
			X		X	0,8	2,2	0,8	3,2	0,8	4,7	1,5	9,5	3,0	19,2	5,5	32,0
	- Reduced values see 26.2 (P1)					-	0,25	-	0,4	-	0,7	-	1,7	-	4,0	-	7,5
7) Distance through insulation	a) **Basic insulation** [f]	X	X	X	X	No requirement of thickness											
	b) **Supplementary insulation** [f]	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						0,1 [d] [0,05] [e]		0,15 [d] [0,05] [e]		0,25 [d] [0,08] [e]		0,5 [d] [0,15] [e]		0,75 [d] [0,20] [e]		1,0 [d] [0,25] [e]	
	c) **Reinforced insulation** (excluding insulation between **input** and **output circuits**)	X	X	X	X	0,2 [d] [0,1] [e]		0,3 [d] [0,1] [e]		0,5 [d] [0,15] [e]		1,0 [d] [0,3] [e]		1,5 [d] [0,4] [e]		2,0 [d] [0,5] [e]	

NOTE 1 For Material Group II see Annex C and Material Group I see Annex D.

NOTE 2 P1 = **pollution degree 1** P2 = **pollution degree 2** P3 = **pollution degree 3**.

NOTE 3 When a numeric figure is replaced by a dash in a column of the Table it means that no value is required

NOTE 4 The minimum values of clearance in this table are applicable in air up to 2000 m above sea level.

[a] Measurement through winding wire enamel if at least one winding is constructed with wire complying with at least grade 1 of IEC 60317.

[b] Values of **creepage distances** and **clearances** and distances through insulation may be found for intermediate values of **working voltages** by interpolation between the values in the table. No values are required for **working voltages** below 25 V as the voltage test of Table 8a is considered sufficient.

[c] These values do not apply:

– inside each winding or between groups of windings intended to be permanently connected together, provided that the termination of windings to be connected together are at the same potential,

– where the **working voltage** does not exceed 300 V and the winding wires comply at least with grade 1 of IEC 60317, if only the windings are intended to be connected in a series or parallel arrangement (e.g. input voltage 110/220 V).

[d] For solid insulation

[e] In case of insulation consisting of thin sheets

[f] When **double insulation** is required between **input** and **output windings**, the total thickness through insulation shall be the same as shown in box 2 c) whether measured directly or via metals parts, with the exception of insulated wires (see 19.12).

[g] For insulation between **SELV circuits** and adjacent **circuits** other than **SELV** or **PELV**, the values of this box shall be replaced by the values of boxes 6 and 7 (according to 19.1).

[h] In case of a physical breakdown of the **basic insulation** or **supplementary insulation,** the thickness of the insulation is added to the clearance.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

27 Resistance to heat, fire and tracking

For components previously tested in accordance with their relevant IEC standards, the requirements and tests having the same level of severity as the requirements and tests of this standard, the following tests may be omitted.

27.1 Resistance to heat

All parts of the **transformer** made of insulating material shall be resistant to heat.

The following tests do not apply to parts made of natural or synthetic rubber which shall be tested according to 19.9. Additionally the tests do not apply to parts made of ceramic material.

Compliance is checked by subjecting parts made of insulating materials to a ball-pressure test according to 27.1.1 and 27.1.2 as appropriate by means of the apparatus shown in Figure 4.

The test is not carried out for cables and small connectors with a rated current ≤3 A and a rated voltage ≤24 V a.c. or ≤60 V d.c. and a power not exceeding 72 W.

The test shall be performed in a heating cabinet at a temperature specified below.

NOTE 1 Details of the ball pressure test procedure are described in IEC 60695-10-2.

The surface of the part to be tested shall be placed in a horizontal position and a steel ball of 5 mm diameter shall be pressed against the surface with a force of 20 N.

After 1 h, the ball is removed from the specimen, and the specimen is cooled down, within 10 s, to approximately ambient temperature by immersion in cold water. The diameter of the impression caused by the ball is measured and shall not exceed 2 mm.

27.1.1 External accessible parts

External accessible parts of insulating materials shall be resistant to heat.

Compliance is checked by the following test.

The test is carried out at a temperature of (70 ± 2) °C, or at a temperature of (T + 15 ± 2) °C where T is the temperature of the relevant part during the test of 14.1, whichever is higher.

*The temperature of the relevant part shall be measured at the hottest point, normally, occurring inside the **enclosure**.*

NOTE 1 The constant 15 °C is the safety margin.

27.1.2 Internal parts

Internal parts of insulating material retaining current carrying parts in position shall be resistant to heat.

Compliance is checked by the following test.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

The test shall be performed at a temperature of (125 ± 2) °C, or at a temperature of (T + 15 ± 2) °C where T is the temperature of the relevant part during the test of 14.1, whichever is higher.

NOTE 1 The constant 15 °C is the safety margin.

NOTE 2 The test is not conducted on parts of ceramic material, bobbins, or glass.

27.2 Resistance to abnormal heat under fault conditions

Transformers with protection index IP20 or higher, under fault conditions, shall not act as a source of ignition, and the insulation between the windings shall not result in breakdown; moreover, hazardous live parts shall not be accessible.

*Compliance is checked by the tests of 27.2.1 and 27.2.2. This test is not required on **fail safe transformers** as they are covered by 15.5.*

For this test, one or two additional specially prepared specimens is (are)required. A short-circuit in the winding(s) shall either be built in, or made possible by short-circuiting the leads connected to the winding(s) provided by the manufacturer.

If the **transformer** is provided with a thermal protective device in the **input circuit**, the short-circuit shall be introduced in the **output winding** and vice versa.

If the **transformer** is provided with a thermal protective device in both the **input** and **output circuits**, the short-circuit shall be introduced in each winding in two separate specimens.

The short-circuit shall be made in the middle of the winding. In case of more than two windings, the short-circuit shall be introduced in the winding being thermally farthest away from the thermal control.

The percentage of turns to be short-circuited shall be approximately equal to the **short-circuit voltage** expressed as a percentage of the **rated supply voltage**. The specimen with the short-circuit shall then be checked as follows. The unloaded **transformer** shall be supplied at 1,1 times the **rated input voltage** at ambient temperature and the input power (watt) measured shall be equal to the value of the **rated output** with a tolerance of ±20 %. During the measurement, no adjustments shall be made.

27.2.1 ***Portable transformers*** *shall be placed on a dull black painted plywood support as described in 14.1.*

Stationary transformers*, not designed to be built in, shall be mounted in the most unfavourable position under normal use to a dull black painted plywood support as described in 14.1. When the most unfavourable position of use is vertical or on the ceiling, the **stationary transformer** and the support are placed in this position (200 ± 5) mm above a piece of white pinewood board, approximately 10 mm thick, covered with a single layer of tissue paper.*

*For this test, the **input circuit** shall be protected by a fuse or circuit-breaker with a rated current 10 times the rated current of the **transformer**, but at least 16 A.*

*The **transformer**, with its protective devices when applicable, shall be tested as specified above for 15 days but without load. The result shall be a definitive interruption in the circuit. If no definitive interruption occurs after this period, the supply is switched off.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*For **transformers** with self-resettable protective devices, all the protective devices are short-circuited.*

*If the non-self-resettable or replaceable protective device, if any, interrupts the circuit, the supply shall be switched off and the **transformer** shall be left to cool down for 2 h. Then the protective device shall be reset or replaced, and the supply shall be switched on until the device interrupts the circuit or an interruption in the **transformer** occurs. If no interruption in the **transformer** occurs, 30 cycles shall be conducted in the case of resettable protective devices, or 10 cycles in the case of replaceable devices. Each cycle consists of supplying the **transformer** until the protective device interrupts the circuit and the power remains switched off for 2 h.*

*During the test, no flames shall occur, and the **transformer** shall not act as a source of ignition for the surroundings. The temperature of the support shall not exceed 125 °C. If **stationary transformers** are placed in a vertical position or on the ceiling, burning drops, if any, shall not ignite the tissue paper or scorch the pinewood board.*

27.2.2 *After the test of 27.2.1 and after cooling down to ambient temperature, the following applies.*

*a) **Transformers** where a definitive interruption in the **input circuit** has occurred shall withstand a dielectric strength test, the test voltage being 35 % of the values according to Table 8a of Clause 18.*

*b) **Transformers** where no definitive interruption has occurred after the cycling test shall withstand the test voltages according to Table 8a of Clause 18.*

***Transformers** with protection index IP 20 and higher shall not allow the standard test finger to touch **hazardous live parts** without appreciable force. In case of doubt, contact with **hazardous live parts** is shown by means of an electrical contact indicator, the voltage being not less than 40 V. If one specimen does not pass the test, the complete test has failed.*

27.3 Resistance to fire

All parts of the **transformer** made of insulating material shall be resistant to ignition and spread of fire.

This requirement does not apply to decorative trims, knobs and other parts not likely to be ignited or to propagate flames originating from inside the **transformer**.

Compliance is checked by subjecting parts made of insulating materials to the glow-wire test, specified in IEC 60695-2-10 and amended in Annex E of this standard.

*The test shall be performed on a complete **transformer**. If this is not possible, a suitable specimen of the part to be tested shall be used.*

*If necessary, parts of an **enclosure** can be removed or a suitable specimen can be cut off to perform the test. However, care shall be taken to ensure that the standard test conditions are not significantly different from those occurring in normal use, with regard to shape, ventilation, effects of thermal stresses and of possible flames, burning droplets or glowing particles falling in the vicinity of the specimen.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Any flame or glowing of the specimen shall extinguish within 30 s of withdrawing the glow-wire. Burning or molten drops, if any, shall not ignite the tissue paper, as specified in 4.187 of ISO 4046-4, spread out horizontally as a single layer (200 ± 5) mm below the specimen.

Only one specimen shall be tested. In case of inconclusive results, the test is repeated on two additional specimens and both shall pass the test.

27.3.1 External accessible parts

External parts of insulating materials shall be resistant to ignition and spread of fire.

Compliance is checked by subjecting ***enclosures*** *and other external* ***accessible parts*** *to the glow-wire test with the temperature of the glow wire as follows:*

– *650 °C for* ***enclosures***
– *650 °C for parts retaining current carrying (keeping in position) parts in position and terminals for external conductors which carry a current up to 0,2 A during normal operation*
– *750 °C for parts retaining (keeping in position) current carrying parts in position and terminals for external conductors with fixed connection (e.g., soldering) which carry a current exceeding 0,2 A during normal operation*
– *850 °C for parts retaining (keeping in position) current carrying parts in position and terminals for external conductors with non-fixed connection which carry a current exceeding 0,2 A during normal operation*

No glow wire tests are required for foils in thin sheet form with a thickness of up to 0,2 mm.

27.3.2 Internal parts

Parts of insulating materials retaining (keeping in position) current carrying parts in position shall be resistant to ignition and spread of fire.

Compliance is checked by subjecting the parts of insulating materials to the glow-wire test with the temperature of the glow wire as follows:

– 550 °C for internal insulating material not retaining (not keeping in position) current carrying parts in position
– 650 °C for coil formers (bobbins)
– 650 °C for parts retaining (keeping in position) current carrying parts in position and terminals for external conductors which carry a current up to 0,2 A during normal operation
– 750 °C for parts retaining (keeping in position) current carrying parts in position and terminals for external conductors with fixed connection (e.g., soldering) which carry a current exceeding 0,2 A during normal operation
– 850 °C for parts retaining (keeping in position) current carrying parts in position and terminals for external conductors with non fixed connection which carry a current exceeding 0,2 A during normal operation

No glow wire tests are required for foils in thin sheet form with a thickness of up to 0,2 mm.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

27.4 Resistance to tracking

For **transformers** with an IP rating other than IPX0, insulating parts retaining current carrying parts in position shall have resistance to tracking corresponding to at least material group IIIa if they are exposed to pollution degree 3.

For materials other than ceramics, compliance is checked by the tests of Annex G.

No flashover or breakdown between electrodes shall occur before a total of 50 drops has fallen.

28 Resistance to rusting

Ferrous parts, the rusting of which might cause the **transformer** to become unsafe, shall be adequately protected against rusting.

NOTE 1 This requirement applies to the outer surfaces of iron cores, in which case, protection by a coating of varnish is deemed to be adequate.

Compliance is checked by inspection and, in case of doubt, by the following test.

All grease shall be removed from the parts to be tested by immersion in trichloroethane for 10 min. The parts shall then be immersed for 10 min in a 10 % solution of ammonium chloride in water at a temperature of (20 ± 5) °C. Without drying, but after shaking off any drops, the parts shall be placed for 10 min in a box containing air saturated with moisture at a temperature of (20 ± 5) °C.

After all the parts have been dried for 10 min in a heating cabinet at a temperature of (100 ± 5) °C; their surfaces shall show no signs of rust.

NOTE 2 Traces of rust on sharp edges and any yellowish film removable by rubbing are ignored.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

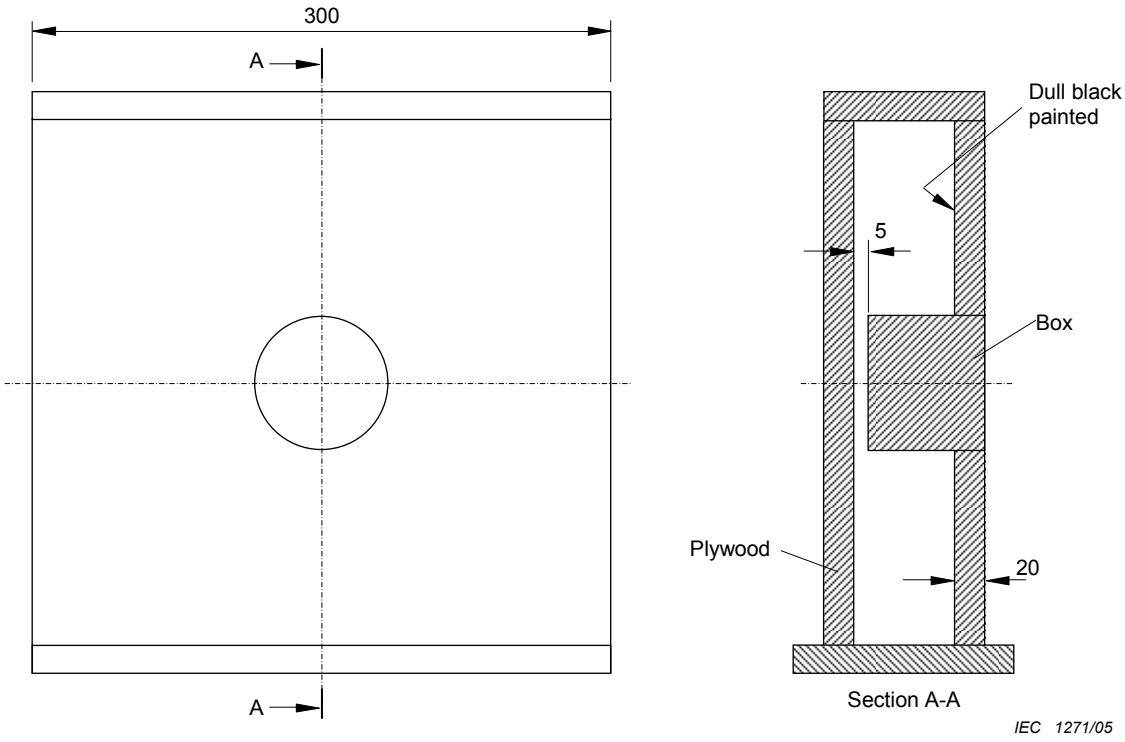
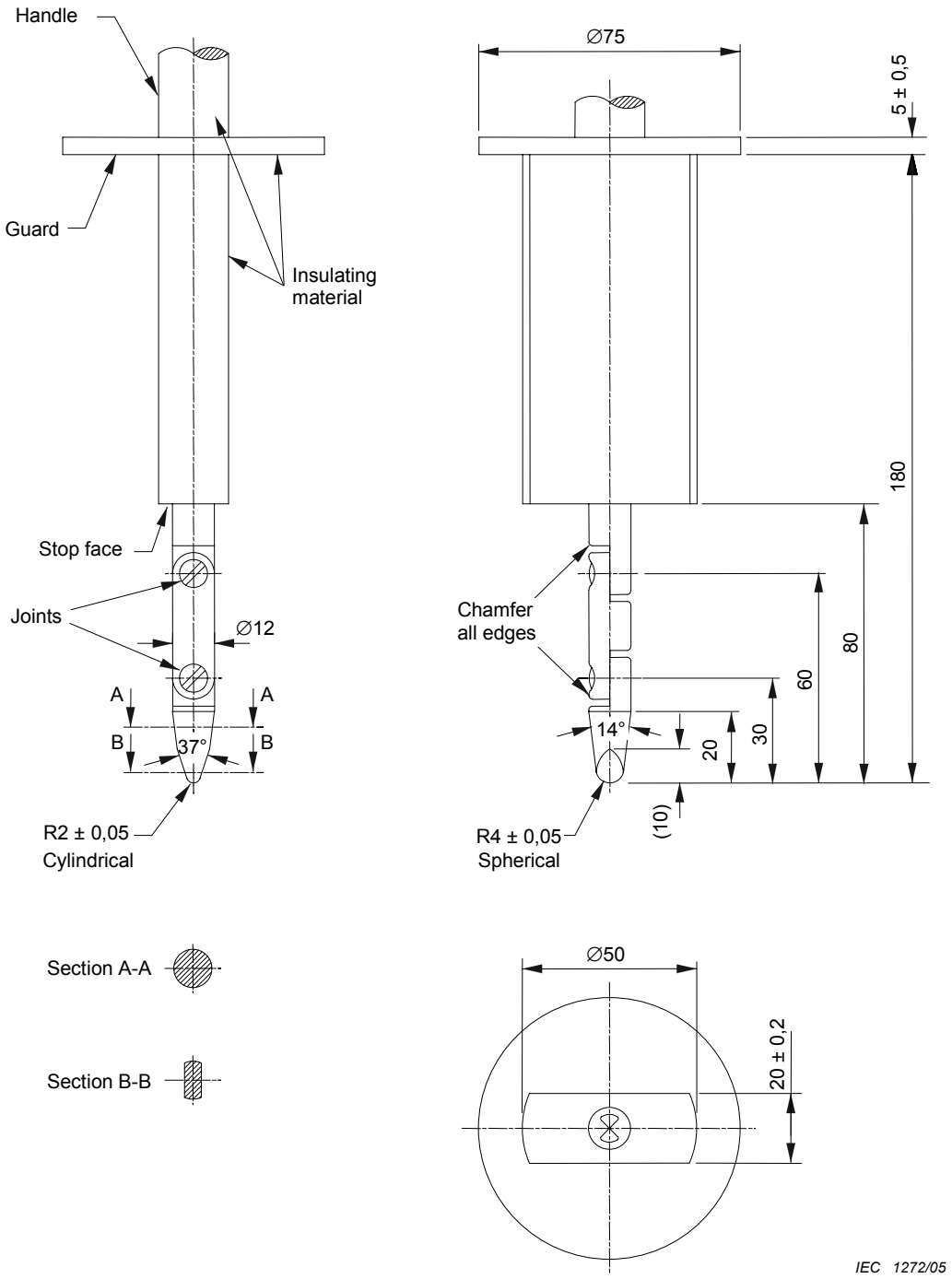


Figure 1 – Mounting box for flush-type transformer (see 5.10)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Material: metal, except where otherwise specified

Linear dimensions in millimetres

Tolerances on dimensions without specific tolerance:

on angles: 0/–10'

on linear dimensions:

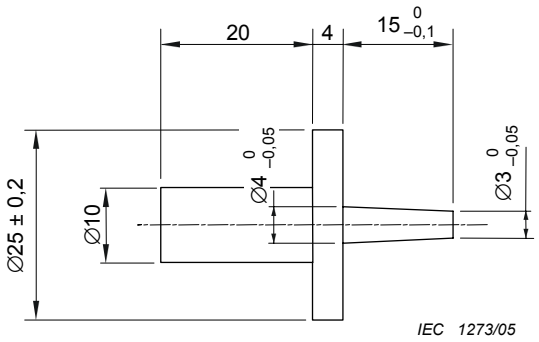
– up to 25 mm: $^{0}_{-0,05}$

– over 25 mm: ± 0,2

Both joints shall permit movement in the same plane and the same direction through an angle of 90° with a 0° to +10° tolerance.

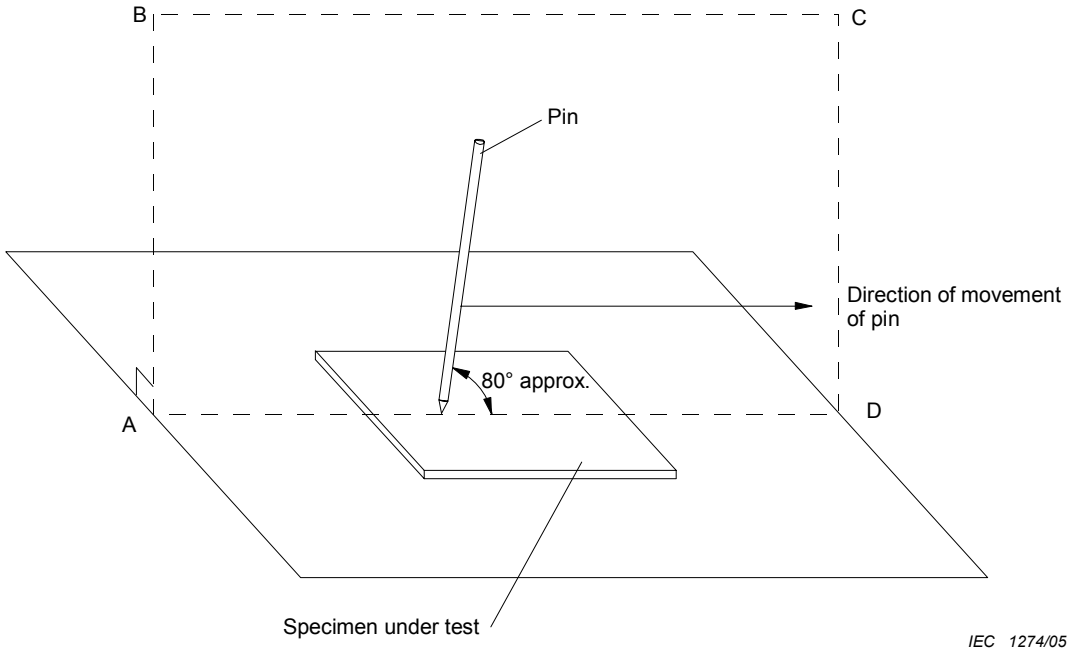
Figure 2 – Standard test finger (see 9.1.2, 15.5.2 and IEC 61032, test probe B)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Dimensions in millimeters

Figure 3 – Test pin (see 9.2 and IEC 61032, test probe 13)



NOTE The pin is in the plane ABCD which is perpendicular to the specimen under test.

Figure 4 – Abrasion resistance test for insulating coated layers

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

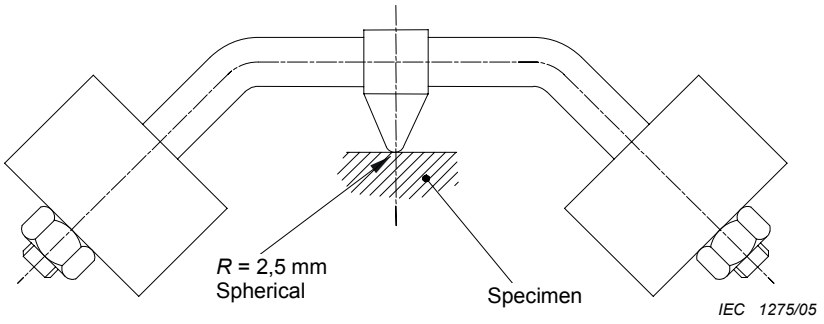


Figure 5 – Ball-pressure apparatus (see 27.1)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

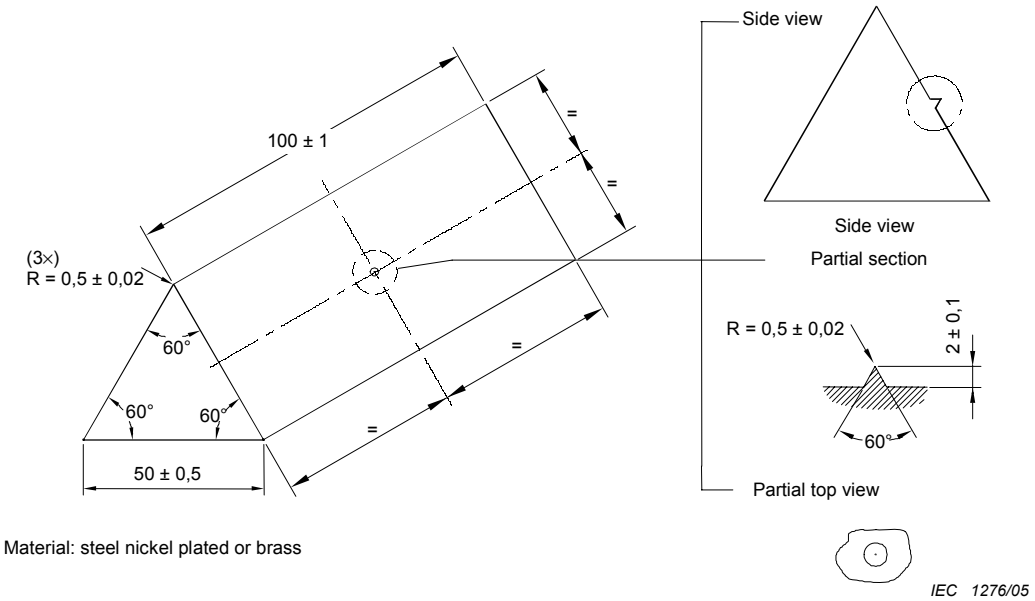


Figure 6a – Mandrel

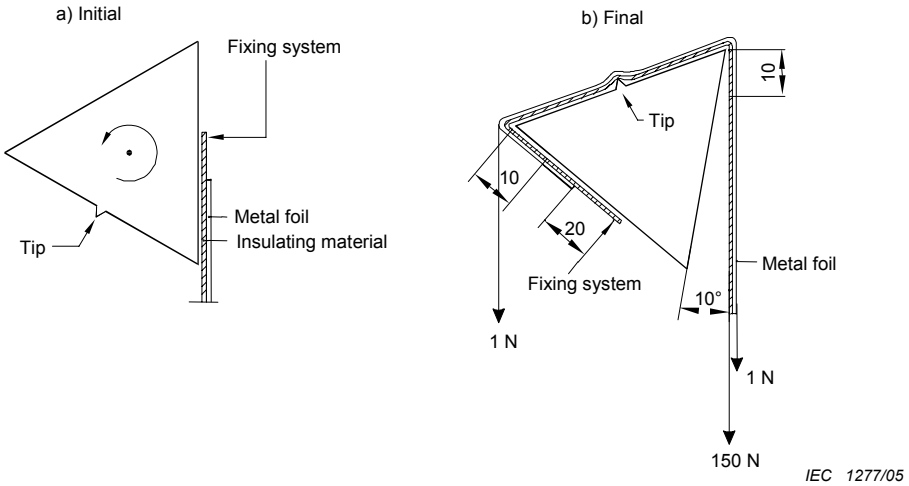


Figure 6b – Position of mandrel

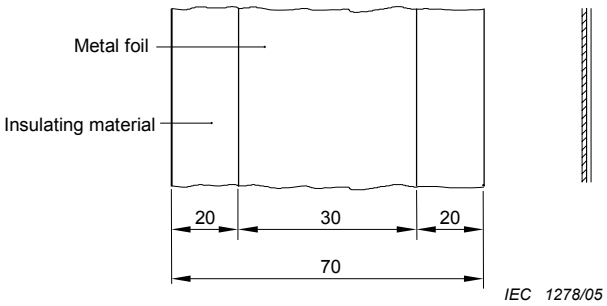


Figure 6c – Position of metal foil on paper

Figure 6 – Test arrangement for checking mechanical withstanding of insulating materials in thin sheet layers (see 26.3)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

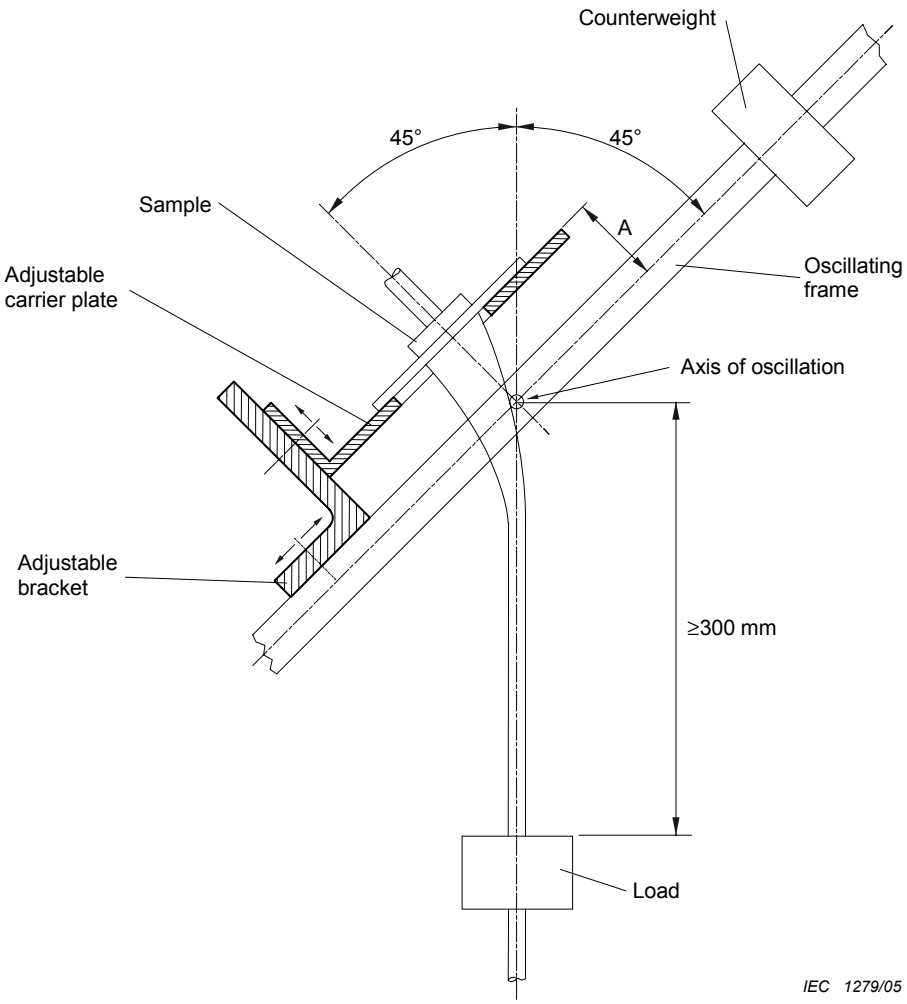


Figure 7 – Flexing test apparatus (see 22.9.4)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

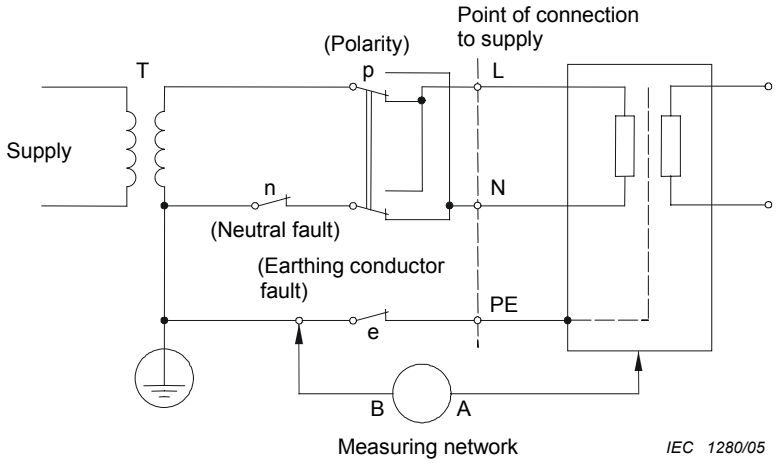


Figure 8 – Test configuration: single-phase equipment on star TN or TT system

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex A
(normative)

Measurement of creepage distances and clearances

The widths *X* of grooves specified in Examples 1 to 10 below apply to all examples as a function of the **pollution degree** as follows:

Pollution degree	**Width *X* of grooves** **Minimum values** mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5
NOTE If the associated **clearance** is less than 3 mm, the minimum groove width may be reduced to one-third of this distance.	

The methods of measuring **creepage distances** and **clearances** are indicated in Examples 1 to 10. These cases do not differentiate between gaps and grooves or between types of insulation.

The following assumptions are made:

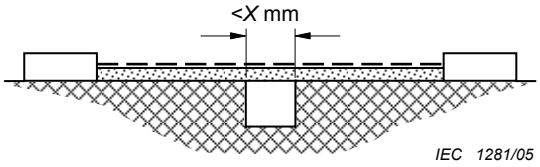
– *any recess is assumed to be bridged with an insulating link having a length equal to the specified width X and being placed in the most unfavourable position (see Example 3);*

– *where the distance across a groove is equal to or larger than the specified width X, the **creepage distance** is measured along the contours of the groove (see Example 2);*

– ***creepage distances** and **clearances,** measured between parts which can assume different positions in relation to each other, are measured when these parts are in their most unfavourable position.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

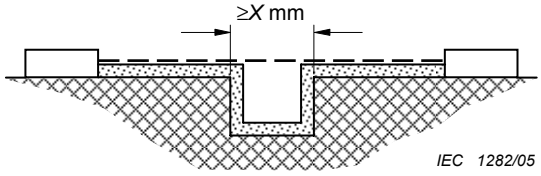
Example 1



Condition: Path under consideration includes a parallel or converging sided groove of any depth with a width of less than *X* mm.

Rule: **Creepage distance** and **clearance** are measured directly across the groove as shown above.

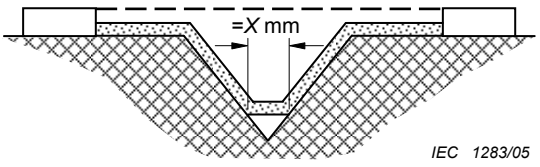
Example 2



Condition: Path under consideration includes a parallel sided groove of any depth and equal to or more than *X* mm wide.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove.

Example 3



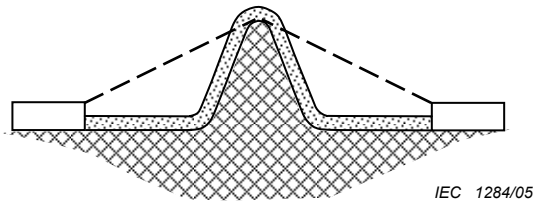
Condition: Path under consideration includes a V-shaped groove with an internal angle of less than 80° and a width greater than *X* mm.

Rule: Clearance is the "line of sight" distance. Creepage path follows the contour of the groove but "short-circuits" the bottom of the groove by a length of *X* mm.

Clearance Creepage distance

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

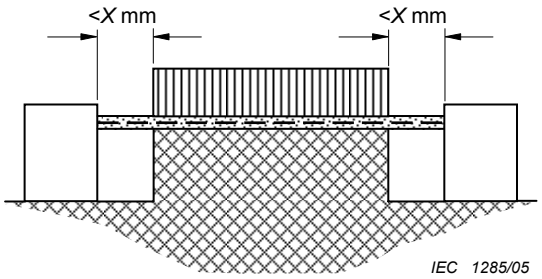
Example 4



Condition: Path under consideration includes a rib.

Rule: Clearance is the shortest direct air path over the top of the rib. Creepage path follows the contour of the rib.

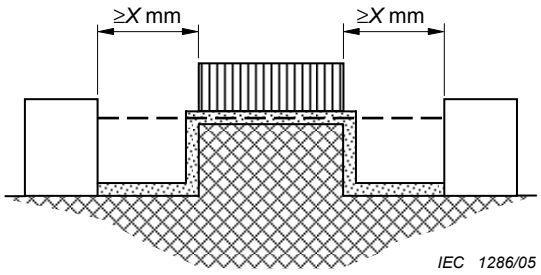
Example 5



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves less than *X* mm wide on either side.

Rule: Creepage distance and clearance path is the "line of sight" distance shown.

Example 6



Condition: Path under consideration includes an uncemented joint with grooves equal to or more than *X* mm wide on each side.

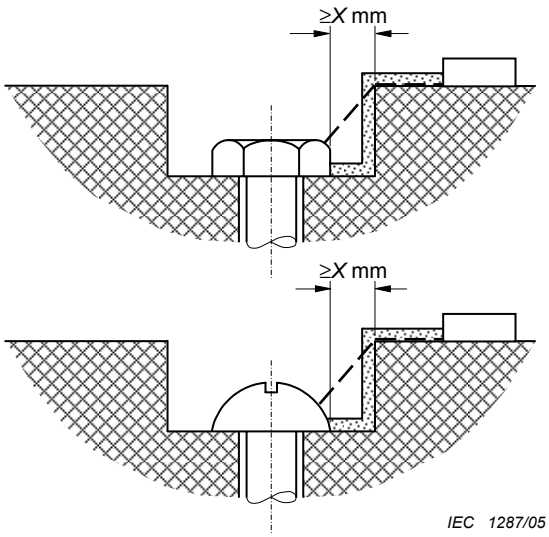
Rule: Clearance path is the "line of sight" distance. Creepage follows the contour of the groove.

— — — — — Clearance

Creepage distance

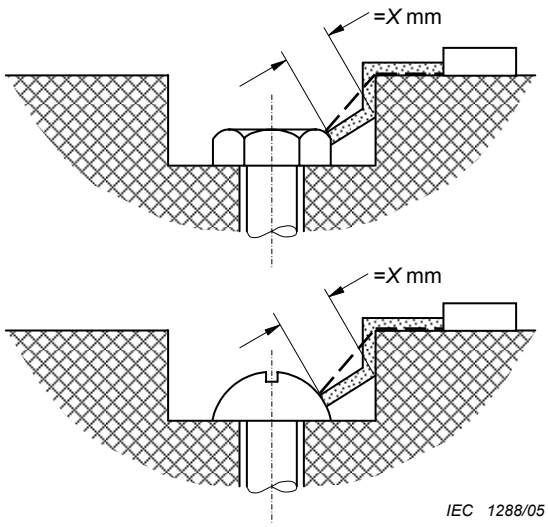
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Example 9



Gap between head of screw and wall of recess too narrow to be taken into account.

Example 10



Gap between head of screw and wall of recess wide enough to be taken into account.

Clearance

Creepage distance

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex B
(normative)

Testing a series of transformers

The requirements of this annex are intended to facilitate the testing of a series of **transformers**.

B.1 If a series of **transformers** is to be tested, the number of samples to be tested may be reduced.

Transformers can be considered as a series if:

a) they are of the same family, this meaning that they are covered by the same part 2;
b) they are of the same construction, implying that:
   1) they have lamination or core from the same pattern range and made of the same material,
   2) the same type of winding technology has been used (for example concentric or two chambers, same insulation system),
   3) the same assembling technology has been used (for example open type, enclosed type, encapsulated type, impregnated, potted, etc.),
   4) the same type of protection against overload has been used (for example fuses, **thermal cut-out**, etc.),
   5) they are of the same frequency range;
c) they are designed for the same minimum and maximum ambient temperatures.

Variations in the following parameters are permitted, provided that the **transformers** comply in all other respects with the rules detailed above:

- input voltage range;
- output voltage range;
- number of tapping and/or windings;
- supply frequency in the declared frequency range;
- **rated output.**

B.2 The number of samples needed in case of testing a series of **transformers** as defined above shall be:

a) for parameters 1) 2) and 3): two samples minimum and not more than four, chosen in order to be sure that they represent the most unfavourable situation in the family to be tested;

   NOTE 1 The samples should be chosen according to the following rules:

   – one of the lowest rated output, with the highest voltages and the lowest number of tappings;

   – one of the highest rated output, with the lowest voltages and the lowest number of tappings;

   – one of the lowest rated output, with the highest number of tappings with the highest voltage difference between adjacent windings;

   – one of the medium rated output, with medium voltages and medium number of tappings;

   – one of the highest rated output, with the lowest voltages and the highest number of windings.

   When only two samples are chosen the first two alternatives should be used.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) for parameter 4): one sample of the lowest supply frequency and, in case of doubt, one sample of the highest supply frequency within the range;

NOTE 2 If possible, the sample may be the second sample chosen for parameters 1), 2) and 3).

c) for parameter 5): two samples minimum, taken from the extremities of the range.

NOTE 3 The samples should be chosen according to the following rules:

– one of the lowest rated output, with the highest difference in percentage between the value of the current of the **transformer** and the value of the current of the relevant protective device, if any;

– one of the highest rated output, with the highest difference in percentage between the value of the current of the **transformer** and the value of the current of the relevant protective device, if any;

– one sample representing the most unfavourable condition of the temperature of winding and core;

– one sample representing the most unfavourable condition of the temperature rise of the enclosure.

To be sure that in any case the most unfavourable situation is covered, the manufacturer shall declare the type in the series having the maximum losses in normal condition; this type shall be chosen as one of the samples to be tested.

The conditions above may be covered by a minimum of two samples.

The number of specimens for each sample shall be in accordance with 5.2, except for:

– the test of 14.3 where only two samples of three specimens in total are needed for the series, the samples being the two first of parameter 5;
– the test of 15.5 where only two samples of three specimens in total are needed for the series, the samples being the two first of parameter 5;
– the test of 16.4 where only three specimens in total are needed for the series, the heaviest type being chosen.

B.3 At least one specimen of each lamination or core size shall be provided for constructional clearances, mechanical strength, etc.

NOTE The samples required in B.3 shall include the samples used in B.2.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex C
(normative)

Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) Material group II (400 ≤CTI <600)

Table C.1 – Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) – Material group II (400 ≤CTI <600)

NOTE The following table extends over several pages. For notes and footnotes, please see the final page of the table.

Dimensions in millimetres

	Type of insulation	Measurement				Working voltages[b] V											
		Through winding enamel[a]		Other than through winding enamel		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr
1) Insulation between **input** and **output circuits** **(basic insulation)**	a) **Creepage distances** and **clearances** between **live parts** of **input circuits** and **live parts** of **output circuits**			X		0,2	0,85	0,5	1,0	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5	8,0	8,0
					X	0,8	1,7	0,8	2,0	1,5	2,2	3,0	4,2	5,5	8,6	8,0	14,0
		X				0,2	0,85	0,2	1,0	0,5	1,1	1,5	2,1	3,0	4,3	5,5	7,1
			X			0,8	1,7	0,8	2,0	0,8	2,2	1,5	4,2	3,0	8,6	5,5	14,0
	Reduced values, 26.2 (P1)					–	0,18	–	0,25	–	0,3	–	0,7	–	1,7	–	3,2
	b) Distances through insulation between **input** or **output circuits** and an earthed metal screen	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						No requirements of thickness											
	c) Distances through insulation between **input** and **output circuits**	X	X	X	X	No requirements of thickness											
2) Insulation between **input** and **output circuits** **(double** or **reinforced insulation)**	a) **Creepage distances** and **clearances** between **live parts** of **input circuits** and **live parts** of **output circuits**			X		0,5	1,0	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5	8,0	8,6	14,0	14,0
					X	0,8	2,0	1,5	2,8	3,0	4,2	5,5	8,6	8,0	17,2	14,0	28,0
		X				0,2	1,0	0,5	1,4	1,5	2,0	3,0	4,3	5,5	8,6	8,0	14,0
			X			0,8	2,0	0,8	2,8	1,5	4,2	3,0	8,6	5,5	17,2	8,0	28,0
	Reduced values, see 26.2 (P1)					–	0,25	–	0,4	–	0,7	–	1,7	–	4,0	–	7,5
	b) Distances through insulation between **input** or **output circuits** and an earthed metal screen, see 26.3	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						0,1 [d] [0,05] [e]		0,2 [d] [0,07] [e]		0,25 [d] [0,08] [e]		0,5 [d] [0,16] [e]		0,7 [d] [0,19] [e]		1,0 [d] [0,25] [e]	
	c) Distances through insulation between input and output circuits, see 26.3	X	X	X	X	0,2 [d] [0,1] [e]		0,3 [d] [0,1] [e]		0,5 [d] [0,15] [e]		1,0 [d] [0,3] [e]		1,5 [d] [0,4] [e]		2,0 [d] [0,5] [e]	

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table C.1 (*continued*)

	Type of insulation	Measurement				Working voltages [b] V											
		Through winding enamel [a]		Other than through winding enamel		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr
3) Insulation between adjacent **input circuits** or insulation between adjacent **output circuits** [c g]	**Creepage distances** and **clearances**	X		X		0,2	0,85	0,2	1,0	0,2	1,1	0,5	2,1	1,5	4,3	3,0	7,1
			X		X	0,8	1,7	0,8	2,0	0,8	2,2	0,8	4,2	1,5	8,6	3,0	14,0
	Reduced values see 26.2 (P1)					–	0,18	–	0,25	–	0,3	–	0,7	–	1,7	–	3,2
4) **Creepage distances** and **clearances** between terminals for the connection	a) Up to and including 6 A	X	X	X	X	3,0		3,6		4,0		6,0		9,0		12,5	
of external cables and cords excluding those between screw terminals	b) Over 6 A up to and including 16 A	X	X	X	X	5,0		6,0		7,0		10,0		13,0		16,0	
for **input** and for **output circuits**	c) Over 16 A	X	X	X	X	10,0		11,0		12,0		14,0		17,0		20,0	
5) **Basic** or **supplementary insulation** [h]	Between:																
	a) **live parts** of different polarity			X		0,2	0,9	0,5	1,0	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5	8,0	8,0
	b) **live parts** and the **body** if intended to be connected to protective earth				X	0,8	1,7	0,8	2,0	1,5	2,2	3,0	4,2	5,5	8,6	8,0	14,0
	c) accessible **conductive parts** and metal rod of the same diameter as the flexible cable or cord (or metal foil wrapped around the cord) inserted inside inlet bushing,	X				0,2	0,9	0,2	1,0	0,5	1,1	1,5	2,1	3,0	4,3	5,5	7,1
			X			0,8	1,7	0,8	2,0	0,8	2,2	1,5	4,2	3,0	8,6	5,5	14,0
	anchorage and the like																
	d) **live parts** and an intermediate **conductive part**																
	e) an intermediate **conductive part** and the **body**																
	Reduced values, see 26.2 (P1)					–	0,03	–	0,1	–	0,24	–	0,7	–	1,7	–	3,2

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table C.1 (*continued*)

	Type of insulation	Measurement				Working voltages[b] V											
		Through winding enamel[1)]		Other than through winding enamel		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr
6) **Reinforced** or **double insulation**	Between the **body** and **live parts** or where it is required by the standard (excluding insulation between **input** and **output windings**)			X		0,5	1,0	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5	8,0	8,6	14,0	14,0
					X	0,8	2,0	1,5	3,0	3,0	4,2	5,5	8,6	8,0	17,2	14,0	28,0
		X				0,2	1,0	0,5	1,5	1,5	2,1	3,0	4,3	5,5	8,6	8,0	14,0
			X			0,8	2,0	0,8	3,0	1,5	4,2	3,0	8,6	5,5	17,2	8,0	28,0
	Between **body** and **live parts** of the **output circuit** if protected by additional provisions against transient voltages	X		X		0,2	1,0	0,2	1,5	0,5	2,1	1,5	4,3	3,0	8,6	5,5	14,0
			X		X	0,8	2,0	0,8	3,0	0,8	4,2	1,5	8,6	3,0	17,2	5,5	28,0
	Reduced values, see 26.2 (P1)					–	0,25	–	0,4	–	0,7	–	1,7	–	4,0	–	7,5
7) Distance through insulation	a) **Basic insulation** [f]	X	X	X	X	No requirement of thickness											
						dti		dti		dti		dti		dti		dti	
	b) **Supplementary insulation** [f]	X	X	X	X	0,1 [d] [0,05] [e]		0,15 [d] [0,05] [e]		0,25 [d] [0,08] [e]		0,5 [d] [0,15] [e]		0,75 [d] [0,20] [e]		1,0 [d] [0,25] [e]	
	c) **Reinforced insulation** (excluding insulation between **input** and **output circuit**)	X	X	X	X	0,2 [d] [0,1] [e]		0,3 [d] [0,1] [e]		0,5 [d] [0,15] [e]		1,0 [d] [0,3] [e]		1,5 [d] [0,4] [e]		2,0 [d] [0,5] [e]	

NOTE 1 For Material Group IIIa see Table 13 in Part 1 and for Material Group I see Annex D.

NOTE 2 P1 = pollution degree 1, P2 = pollution degree 2, P3 = pollution degree 3.

NOTE 3 When a numeric figure is replaced by a dash in a column of the table, it means that no value is required.

NOTE 4 The minimum values of clearance in this table are applicable in air up to 2 000 m above sea level.

[a] Measurement through winding wire enamel if at least one winding is constructed with wire complying with at least grade 1 of IEC 60317.

[b] Values of **creepage distances** and **clearances** and distances through insulation may be found for intermediate values of **working voltages** by interpolation between the values in the table. No values are required for **working voltages** below 25 V as the voltage test of Table 8a is considered sufficient.

[c] These values do not apply:
- inside each winding or between groups of windings intended to be permanently connected together, provided that the termination of windings to be connected together are at the same potential,
- where the **working voltage** does not exceed 300 V and the winding wires comply at least with grade 1 of IEC 60317, if only the windings are intended to be connected in a series or parallel arrangement (e.g. input voltage 110/220 V).

[d] For solid insulation

[e] In case of insulation consisting of thin sheets

[f] When **double insulation** is required between **input** and **output windings**, the total thickness through insulation shall be the same as shown in box 2 c) whether measured directly or via metals parts, with the exception of insulated wires (see 19.12).

[g] For insulation between **SELV circuits** and adjacent **circuits** other than **SELV** or **PELV**, the values of this box shall be replaced by the values of boxes 6 and 7 (according to 19.1).

[h] In case of a physical breakdown of the **basic insulation** or **supplementary insulation,** the thickness of the insulation is added to the clearance.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex D
(normative)

Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) Material group I (CTI ≥600)

Table D.1 – Creepage distances (cr), clearances (cl) and distances through insulation (dti) – Material group I (CTI ≥600)

NOTE The following table extends over several pages. For notes and footnotes, please see the final page of the table.

Dimensions in millimetres

	Type of insulation	Measurement				Working voltages [b] V											
		Through winding enamel[a]		Other than through winding enamel		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr
1) Insulation between **input** and **output circuits** **(basic insulation)**	a) **Creepage distances** and **clearances** between **live parts** of **input circuits** and live parts of **output circuits**			X		0,2	0,6	0,5	0,7	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5	8,0	8,0
					X	0,8	1,5	0,8	1,8	1,5	2,0	3,0	3,9	5,5	7,7	8,0	12,5
		X				0,2	0,6	0,2	0,7	0,5	0,8	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5
			X			0,8	1,5	0,8	1,8	0,8	2,0	1,5	3,9	3,0	7,7	5	12,5
	Reduced values, 26.2 (P1)					–	0,18	–	0,25	–	0,3	–	0,7	–	1,7	–	3,2
	b) Distances through insulation between **input** or **output circuits** and an earthed metal screen	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						No requirements of thickness											
	c) Distances through insulation between **input** and **output circuits**	X	X	X	X	No requirements of thickness											
2) Insulation between **input** and **output circuits** **(double** or **reinforced insulation)**	a) **Creepage distances** and **clearances** between **live parts** of **input circuits** and **live parts** of **output circuits**			X		0,5	0,7	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5	8,0	8,0	14,0	14,0
					X	0,8	1,8	1,5	2,5	3,0	3,9	5,5	7,7	8,0	16,0	14,0	25,0
		X				0,2	0,7	0,5	1,0	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	6,0	8,0	10,0
			X			0,8	1,8	0,8	2,5	1,5	3,9	3,0	7,7	5,5	16,0	8,0	25,0
	Reduced values, see 26.2 (P1)					–	0,25	–	0,4	–	0,7	–	1,7	–	4,0	–	7,5
	b) Distances through insulation between **input** or **output circuits** and an earthed metal screen, see 26.3	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						0,1 [d] [0,05] [e]		0,2 [d] [0,07] [e]		0,25 [d] [0,08] [e]		0,5 [d] [0,16] [e]		0,7 [d] [0,19] [e]		1,0 [d] [0,25] [e]	
	c) Distances through insulation between **input** and **output circuits,** see 26.3	X	X	X	X	0,1 [d] [0,05] [e]		0,2 [d] [0,07] [e]		0,25 [d] [0,08] [e]		0,5 [d] [0,16] [e]		0,7 [d] [0,19] [e]		1,0 [d] [0,25] [e]	

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table D.1 (*continued*)

	Type of insulation	Measurement				Working voltages [b] V											
		Through winding enamel [a]		Other than through winding enamel		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr
3) Insulation between adjacent **input circuits** or insulation between adjacent **output circuits** [c, g]	**Creepage distances** and **clearances**	X		X		0,2	0,6	0,2	0,7	0,2	0,8	0,5	1,5	1,5	3,0	3,0	5,0
			X		X	0,8	1,5	0,8	1,8	0,8	2,0	0,8	3,9	1,5	7,7	3,0	12,5
	Reduced values see 26.2 (P1)					–	0,18	–	0,25	–	0,3	–	0,7	–	1,7	–	3,2
4) **Creepage distances** and **clearances** between terminals for the connection of external cables and cords excluding those between screw terminals for **input** and for **output circuits**	a) Up to and including 6 A	X	X	X	X	3,0		3,6		4,0		6,0		9,0		12,5	
	b) Over 6 A up to and including 16 A	X	X	X	X	5,0		6,0		7,0		10,0		13,0		16,0	
	c) Over 16 A	X	X	X	X	10,0		11,0		12,0		14,0		17,0		20,0	
5) **Basic** or **supplementary insulation** [h]	Between:																
	a) **live parts** of different polarity			X		0,2	0,6	0,5	0,7	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5	8,0	8,0
	b) **live parts** and the **body** if intended to be connected to protective earth				X	0,8	1,5	0,8	1,8	1,5	2,0	3,0	3,9	5,5	7,7	8,0	12,5
	c) accessible **conductive parts** and metal rod of the same diameter as the flexible cable or cord (or metal foil wrapped around the cord) inserted inside inlet bushing, anchorage and the like	X				0,2	0,6	0,2	0,7	0,5	0,8	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5
	d) **live parts** and an intermediate conductive part		X			0,8	1,5	0,8	1,8	0,8	2,0	1,5	3,9	3,0	7,7	5,5	12,5
	e) an intermediate conductive part and the **body**																
	Reduced values, see 26.2 (P1)					–	0,03	–	0,1	–	0,24	–	0,7	–	1,7	–	3,2

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table D.1 (*continued*)

	Type of insulation	Measurement				Working voltages [b] V											
		Through winding enamel [a]		Other than through winding enamel		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr	cl	cr
6) **Reinforced** or **double insulation**	Between the **body** and **live parts** or where it is required by the standard (excluding insulation between **input** and **output windings**)			X		0,5	0,7	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5	8,0	8,0	14,0	14,0
					X	0,8	1,8	1,5	2,5	3,0	3,9	5,5	7,7	8,0	16,0	14,0	25,0
		X				0,2	0,7	0,5	1,0	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	6,0	8,0	10,0
			X			0,8	1,8	0,8	2,5	1,5	3,9	3,0	7,7	5,5	16,0	8,0	25,0
	Between **body** and **live parts** of the **output circuit** if protected by additional provisions against transient voltages	X		X		0,2	0,7	0,2	1,0	0,5	1,5	1,5	3,0	3,0	6,0	5,5	10,0
			X		X	0,8	1,8	0,8	2,5	0,5	3,9	1,5	7,7	3,0	16,0	5,5	25,0
	Reduced values, see 26.2 (P1)					–	0,25	–	0,4	–	0,7	–	1,7	–	4,0	–	7,5
7) Distance through insulation	a) **Basic insulation** [f]	X	X	X	X	No requirement of thickness											
						dti		dti		dti		dti		dti		dti	
	b) **Supplementary insulation** [f]	X	X	X	X	0,1 [d] [0,05] [e]		0,15 [d] [0,05] [e]		0,25 [d] [0,08] [e]		0,5 [d] [0,15] [e]		0,75 [d] [0,20] [e]		1,0 [d] [0,25] [e]	
	c) **Reinforced insulation** (excluding insulation between **input** and **output circuit**)	X	X	X	X	0,2 [d] [0,1] [e]		0,3 [d] [0,1] [e]		0,5 [d] [0,15] [e]		1,0 [d] [0,3] [e]		1,5 [d] [0,4] [e]		2,0 [d] [0,5] [e]	

NOTE 1 For Material Group IIIa, see Table 13, and forMaterial Group II, see Annex C.

NOTE 2 P1 = **pollution degree** 1, P2 = **pollution degree** 2, P3 = **pollution degree** 3.

NOTE 2 When a numeric figure is replaced by a dash in a column of the table it means that no value is required.

NOTE 4 The minimum values of clearance in this table are applicable in air up to 2000 m above sea level.

[a] Measurement through winding wire enamel if at least one winding is constructed with wire complying with at least grade 1 of IEC 60317.

[b] Values of **creepage distances** and **clearances** and distances through insulation may be found for intermediate values of **working voltages** by interpolation between the values in the table. No values are required for **working voltages** below 25 V as the voltage test of Table 8a is considered sufficient.

[c] These values do not apply:
- inside each winding or between groups of windings intended to be permanently connected together, provided that the termination of windings to be connected together are at the same potential,
- where the **working voltage** does not exceed 300 V and the winding wires comply at least with grade 1 of IEC 60317, if only the windings are intended to be connected in a series or parallel arrangement (e.g. input voltage 110/220 V).

[d] For solid insulation

[e] In case of insulation consisting of thin sheets

[f] When **double insulation** is required between **input** and **output windings**, the total thickness through insulation shall be the same as shown in box 2 c) whether measured directly or via metals parts, with the exception of insulated wires (see 19.12).

[g] For insulation between **SELV circuits** and adjacent **circuits** other than **SELV** or **PELV**, the values of this box shall be replaced by the values of boxes 6 and 7 (according to 19.1).

[h] In case of a physical breakdown of the **basic insulation** or **supplementary insulation,** the thickness of the insulation is added to the clearance.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex E
(normative)

Glow-wire test

The glow-wire test is carried out in accordance with IEC 60695-2-10 and IEC 60695-2-11.

For the purpose of this standard, the following applies with reference to the relevant clauses and subclauses of IEC 60695-2-11.

E.1 Severity

The requirements of Clause 6, "Severities," of IEC 60695-2-11 apply, except that the temperature of the tip of the glow-wire is that stated in 27.3 of this standard.

E.2 Conditioning

The requirements of Clause 8, "Conditioning", of IEC 60695-2-11 apply, but preconditioning is required.

E.3 Test procedure

The requirements of Clause 10, "Test procedure", of IEC 60695-2-11 apply with the following addition to 10.1.

"If possible, the tip of the glow-wire is applied to flat surfaces and not to grooves, knock-outs, narrow recesses or sharp edges."

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex F
(normative)

Requirements for manually operated switches which are parts of transformers assembly

F.1 General

The tests on switches being either integrated or incorporated in the **transformers** are carried out in accordance with IEC 61058-1 as stated in F.2 or F.3.

Manually operated mechanical switches shall comply with the requirements of F.2 or F.3.

F.2 Switches tested as a separate component

The switch, tested as a separate component, shall comply with the requirements and tests of IEC 61058-1, modified as follows:

– subclause 7.1.6.2: the switch shall be suitable for use in the relevant **pollution degree** situation;

– subclause 7.1.9.3: the switch shall be of category D regarding the resistance to heat and fire.

In addition, the characteristics of the switches as described in IEC 61058-1 shall be appropriate for the function of the switches under normal operating conditions with regard to:

a) Clause 6: the rating of the switches;

b) The classification of the switches according to:

   – subclause 7.1.1: nature of supply,

   – subclause 7.1.2: type of load to be controlled by the switches,

   – subclause 7.1.3: ambient air temperature

If the switch energises or de-energises the socket-outlet(s) in the **secondary circuit**, the rated output current and the rated peak surge current of the socket-outlet(s) of Table F.1 shall be taken into account as specified in F.3.2.

Compliance is checked by inspection and by measurements according to test specifications of IEC 61058-1.

F.3 Switches tested as part of the transformer

The switch, tested as part of the apparatus **transformer** working under normal operating conditions, shall meet the requirements of F.3.1, F.3.2 and F.3.3.

F.3.1 The switch shall withstand without excessive wear or other harmful effects the electrical, thermal and mechanical stresses that occur in normal use, and shall have a mechanism complying with 13.3 of IEC 61058-1 for switches.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Compliance is checked according to 13.1 of IEC 61058-1 and by the following endurance test:

The switch is subjected to 10 000 cycles of operation with a sequence according to 17.1.2 of IEC 61058-1, except the increased voltage test at accelerated speed specified in 17.2.4 of IEC 61058-1, and under electrical and thermal conditions given by the normal operating conditions of the apparatus.

The test is carried out on three specimens, no failure is allowed.

F.3.2 If the switch energises or de-energises the socket-outlet(s) in the **secondary circuit**, the endurance test is carried out with an additional load connected to the socket-outlet(s), consisting of the circuit shown in Figure 9 of IEC 61058-1, taking into account Figure 10.

The rated current *I* of the additional load shall correspond to the marking of the socket-outlet(s) (see item d) of 8.1). The peak surge current of the additional load shall have a value as shown in Table F.1.

Table F.1 – Peak surge current of the additional load

Rated current *I* of the socket-outlet(s) A	**Peak surge current** A
$I \leq 0,5$	20
$0,5 < I \leq 1,0$	50
$1,0 < I$	100

If the socket-outlet(s) is/are marked with the current which may be drawn, this/these value(s) is/are chosen for the rated current *I* of the socket-outlet(s).

If the socket-outlet(s) is/are marked with the power which may be drawn, the rated current of the socket-outlet(s) is calculated from this/these value(s).

After the test, the switch shall show no damage in the sense of this standard. In particular, it shall show no deterioration of its **enclosure**, no reduction of **clearances** and **creepage distances** and no loosening of electrical connections with mechanical fixing.

Compliance is checked by inspection and by the tests specified in F.3.3 and F.3.4, respectively, in the given order.

F.3.3 The switch shall be so constructed that it does not attain excessive temperatures in normal use. The materials used shall be such that the performance of the switch is are not adversely affected by the operation in normal use in the conditions given by the apparatus. In particular, the material and design of the contacts and terminals shall be such that the operation and the performance of the switch are not adversely affected by its oxidation or other deterioration.

Compliance is checked in the "ON" position under normal operating conditions and according to 16.2.2 d), i) and m) of IEC 61058-1, taking into account the rated current of the socket-outlet(s), if any, including the peak surge current according to Clause F.3.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

F.3.4 The switch shall have adequate dielectric strength.

Compliance is checked by the following tests:

The switch shall withstand a dielectric strength test as specified in 18.3, without being previously subjected to the humidity treatment, the test voltage being decreased to 75 % of the corresponding test voltage specified in that subclause, but not less than 500 V r.m.s. (700 V peak).

– *The test voltage is applied in the "ON" position between **hazardous live parts** and accessible conductive parts, and, in addition, between the poles in case of a multipole switch.*

– *The test voltage is applied in the "OFF" position across each contact gap. During the test, resistors and capacitors in parallel to a contact gap may be disconnected.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex G
(normative)

Tracking test

G.1 General

The tracking tests on the **transformers** are carried out in accordance with IEC 60112 as follows.

For the purpose of this standard, materials are classified into three groups by their comparative tracking index (CTI) values, as follows:

- material group I 600 < (CTI);
- material group II 400 < (CTI) <600;
- material group IIIa 175 < (CTI) <400.

Separation of the material groups is are determined by compliance with the comparative tracking index test made in accordance with IEC 60112.

The test is made on three separate specimens or on three pieces cut from the relevant component, care being taken that the electrodes are clean, correctly shaped and correctly positioned before each test is started. In case of doubt, the test is repeated, if necessary, on a new specimen.

For the purpose of this standard, the following applies with reference to the clauses and subclauses of IEC 60112.

G.2 Test specimen

The requirements of Clause 3 "Test specimen", of IEC 60112 apply except that the last sentence of the first paragraph does not apply.

G.3 Test apparatus

The requirements of Clause 5 "Test apparatus", of IEC 60112 apply except that the:

- *The note in 5.1 does not apply*
- *Note 4 in 5.3 does not apply*
- *Test solution A as described in 5.4 is used.*

G.4 Procedure

The requirements of Clause 6 "Procedure", of IEC 60112 apply except that:

- *for the CTI test of 6.2, notes 2 and 3 of Clause 3 also apply.*
- *subclause 6.3 does not apply.*

.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex H
(normative)

Electronic circuits

For **transformers** including **electronic circuits**, the following requirements apply additionally to Clauses 5, 15, 26.

H.1 General notes on tests (addition to Clause 5)

H.1.1 All clauses of Part 1, as modified in this annex, and in the parts 2 for the specific **transformers**, apply to electronic circuits.

H.1.2 The accumulation of stress resulting from successive tests is to be avoided. It may be necessary to replace components or to use additional samples.

NOTE The number of additional samples should be kept to a minimum by an evaluation of the relevant circuits.

H.2 Short circuit and overload protection (addition to Clause 15)

H.2.1 Electronic circuits shall be so designed and applied that a fault condition will not render the **transformer** unsafe with regard to electric shock, fire hazard or dangerous malfunction.

Compliance is checked by evaluation of the fault conditions specified in H.2.3 for all circuits or parts of circuits, unless they comply with the conditions specified in H.2.2.

*If the safety of the **transformer** under any of the fault conditions depends on the operation of a fuse-link, the test of H.2.4 is made.*

*During and after each test, the temperatures shall not exceed the values specified in Table 3 of 15.1 and the **transformer** shall comply with the conditions specified in 15.1.*

If a conductor of a printed circuit board becomes open-circuited, the **transformer** is considered to have withstood the particular test, provided that all six of the following conditions are met:

– the printed circuit board complies with the requirements of FV1;
– the interrupted conductors have not peeled by more than 2 mm on each side;
– the interruption is in a low-power circuit as described in H.2.2, and in addition the voltage over the interruption shall not exceed 50 V;
– the **transformer** complies with the requirements of this subclause with the interrupted conductors bridged;
– no other conductor has been loosened over a length of more than 5 mm;
– any peeled or loosened conductor does not reduce the **creepage distances** and **clearances** between **hazardous live parts** and **accessible parts** below the values specified in Clause 26.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 1 Unless it is necessary to replace components after any of the tests, the dielectric strength test of 18.3 need only be carried out after the final test on the **electronic circuit**.

NOTE 2 In general, examination of the **transformer** and its circuit diagram will reveal the fault conditions which have to be simulated, so that testing can be limited to those cases which may be expected to give the most unfavourable result.

H.2.2 Fault conditions a) to f) specified in H.2.3 are not applied to circuits or parts of circuits where both of the following conditions are met:

– the **electronic circuit** is a low-power circuit as described below;
– the protection against electric shock, fire hazard, mechanical hazards or dangerous malfunction in other parts of the **transformer** does not rely on the correct functioning of the **electronic circuit**.

A low-power circuit is determined as follows (an example is given in Figure H.1):

*The **transformer** is operated at rated voltage and a variable resistor, adjusted to its maximum resistance, is connected between the point to be investigated and the opposite pole of the supply source to the electronic circuit.*

The resistance is then decreased until the power consumed by the resistor reaches a maximum. Any point nearest to the supply at which the maximum power delivered to this resistor does not exceed 15 W at the end of 5 s is called a low-power point. The part of the circuit which is further from the supply source than a low-power point is considered to be a low-power circuit.

NOTE 1 The measurements are made from only one pole of the supply source to the electronic circuit, preferably the one that gives the fewest low power points.

When determining the low power points, it is recommended to start with points close to the supply source.

NOTE 2 The power consumed by the variable resistor is measured by a wattmeter.

H.2.3 The following fault conditions are considered and, if necessary, applied one at a time. Consequential faults are taken into consideration.

a) Short circuit of **creepage distances** and **clearances** between **live parts** of different polarity, if these distances are less than those specified in Clause 26.
b) Open circuit at the terminals of any component.
c) Short circuit of capacitors, unless they comply with IEC 60384-14.
d) Short circuit of any two terminals of an electronic component, other than integrated circuits. This fault condition is not applied between the two circuits of an optocoupler.
e) Open circuit or short circuit inside an integrated circuit. In that case, the possible hazardous situations of the **transformer** are assessed to ensure that safety does not rely on the correct functioning of such a component.

   All possible output signals of the integrated circuit are considered in the result. If it can be shown that a particular output signal is unlikely to occur, then the relevant fault is not considered.

   NOTE 1 Microprocessors are tested as integrated circuits.

   NOTE 2 Semiconductor components such as thyristors and triacs are subjected to fault conditions b) and d).

f) In addition, each low-power circuit is short-circuited by connecting the low power point to the pole of the supply from which the measurements were taken.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*For simulation of the fault conditions, the **transformer** is operated at any supply voltage between 0,94 times and 1,06 times the **rated supply voltage**.*

Where any of the fault conditions are simulated, the test is continued until steady conditions are established.

*In each case, the test is ended if interruption of the supply occurs within the **transformer**.*

*If the **transformer** incorporates an electronic circuit which operates to ensure compliance with Clause 15, the relevant test is repeated with a single fault simulated, as indicated in a) to e) above.*

Fault condition e) is applied to encapsulated and similar components if the circuit cannot be assessed by other methods.

Positive temperature coefficient resistors (PTCs) and negative temperature coefficient resistors (NTCs) are not short-circuited if they are used within their manufacturer's declared specification.

H.2.4 If, for any of the fault conditions specified in H.2.3, the safety of the **transformer** depends on the operation of a fuse-link, the test is repeated but with the fuse-link replaced by an ammeter.

In case of doubt, the maximum resistance of the fuse-link has to be taken into account when determining the current.

For miniature fuse-links complying with IEC 60127-3 the following applies.

If the current measured does not exceed 2,1 times the rated current of the fuse-link, the circuit is not considered to be adequately protected, and the test is carried out with the fuse-link short-circuited.

If the current is at least 2,75 times the rated current of the fuse-link, the circuit is considered to be adequately protected.

If the current measured exceeds 2,1 times the rated current of the fuse-link, but does not exceed 2,75 times the rated current, the fuse-link is short-circuited and the test is carried out:

– *for quick acting fuse-links for the relevant period, or for 30 min, whichever is the shorter;*
– *for time lag fuse-links, for the relevant period, or for 2 min, whichever is the shorter.*

NOTE The verification whether the fuse-link acts as a protective device is based on the fusing characteristics specified in IEC 60127-3, which also gives the information necessary to calculate the maximum resistance of the fuse-link.

For fuses other than those complying with IEC 60127-3, the test is carried out as specified in 15.3.2 to 15.3.5.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

H.3 Creepage distances, clearances and distances through insulation (addition to Clause 26)

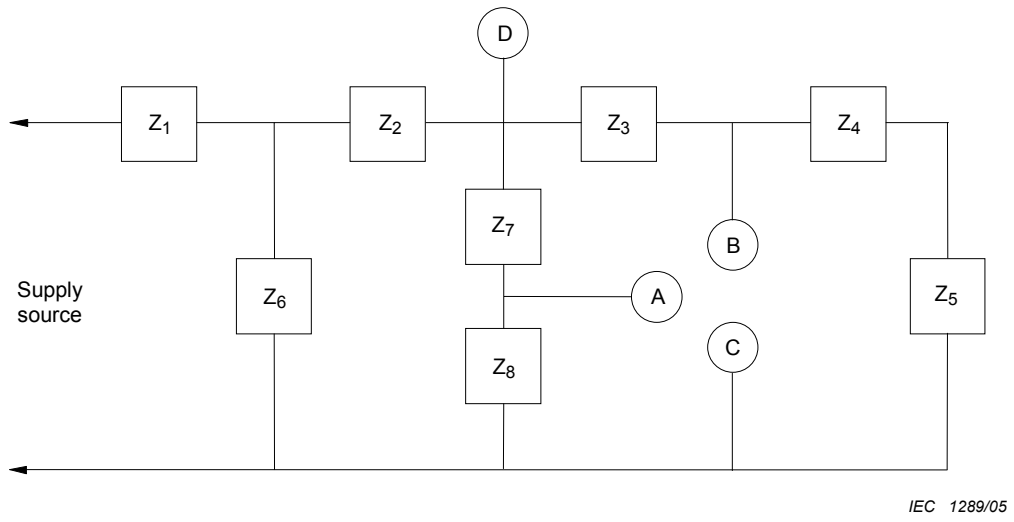
H.3.1 For **live parts** of different polarity separated by **basic insulation** only, **creepage distances** and **clearances** smaller than those specified in Clause 26 are allowed, provided the requirements of Clause H.2 are met if these **creepage distances** and **clearances** are short-circuited in turn.

Creepage distances and **clearances** within optocouplers are not measured if the individual insulation is adequately sealed, and if air is excluded between individual layers of the material.

If coatings are used on printed circuit boards to protect the microenvironment or to provide **basic insulation**, Annex W applies. Smaller distances as required in IEC 60664-3, Clause 4 are applicable (type1 protection: P1 value; type 2 protection distances to insulation).

For cycling tests for potted **transformers** see 26.2 .

H.3.2 For optocouplers, the conditioning procedure is carried out at a temperature of 50 K in excess of the maximum temperature measured on the surface of the optocoupler during the tests of Clauses 14 or 15, the optocoupler being operated under the most onerous conditions which occur during these tests.



D is a point furthest from the supply source where the maximum power delivered to external load exceeds 15 W.

A and B are points closest to the supply source where the maximum power delivered to external load does not exceed 15 W. These are low-power points.

Points A and B are separately short-circuited to C.

The fault conditions a) to e) specified in H.2.3 are applied individually to Z_1, Z_2, Z_3, Z_6, and Z_7.

Figure H.1 – Example of an electronic circuit with low-power points (see H.2.2)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex I

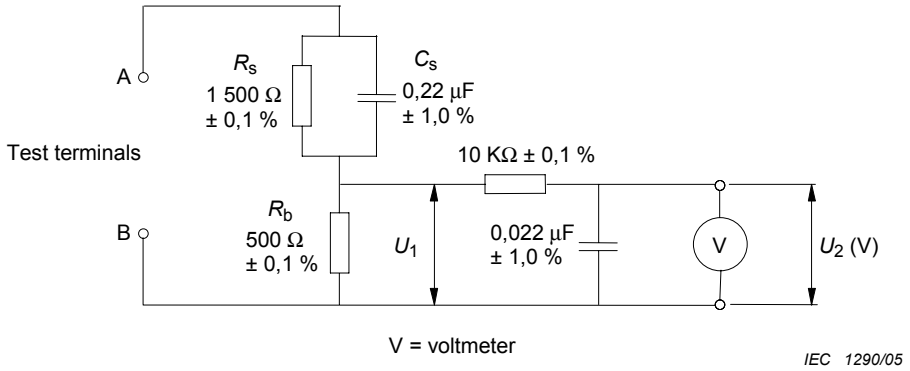
(void)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex J
(normative)

Measuring network for touch-currents

(Taken from Figure 4 of IEC 60990.)



True r.m.s. reading

Uncertainty: ≤2 %

Input resistance: 0,1 MΩ

Input capacitance: ≤200 pF

Supply frequency range: 15 Hz to 1 MHz

Figure J.1 – Measuring network for touch-current

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex K
(normative)

Insulated winding wires for use as multiple layer insulation

This annex specifies winding wire insulated with polyimide film or equivalent insulation, that may be used to provide **basic**, **supplementary** or **reinforced insulation** in wound parts without additional interleaved insulation.

NOTE Typical values of some properties of polyimide are given below for information. Adherence to these values is not part of this standard.

- Dielectric strength 180 kV/mm
- Dielectric constant 3,5
- Dissipation factor 0,003 at 1 kHz
- Insulation resistance 10^5 MΩ
- Surface resistivity 10^{16} Ω at 50 % relative humidity
- Folding endurance 10^4 cycles.

K.1 Wire construction

Winding wire shall be insulated with two or more layers. In case of spirally wrapped layers of tape, contra-rotation layers shall be used. Overlap of these layers shall be adequate to ensure continued overlap during manufacture of the wound part.

Such layers of tape shall be sealed to eliminate creepage paths between layers.

K.2 Conformance tests

The wire shall pass the following five type tests K.2.1 to K.2.5.

K.2.1 Dielectric strength

Test 13 of IEC 60851-5, applied for the same duration as in 18.3, with a test voltage not less than the appropriate voltage in Table 8a of this standard, or 3 kV in case of two layers and 5,5 kV in case of three layers, whichever is the greater in each case.

K.2.2 Adherence and flexibility

Test 8 of 5.1 of IEC 60851-3, followed by the dielectric strength test of K.2.1, carried out at rated ambient temperature.

K.2.3 Heat shock

Test 9 of 3.1.1 and 3.2 of IEC 60851-6, followed by the dielectric strength test of K.2.1.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

K.2.4 Retention of dielectric strength after bending

Test 13 of 4.1 to 4.5 of IEC 60851-5, followed by the dielectric strength test of K.2.1.

K.2.5 Resistance to abrasion

Test 11 of IEC 60851-3 is applicable.

K.3 Routine test (production tests)

The wire shall be subjected by the wire manufacturer to 100 % dielectric strength testing in accordance with IEC 60851-5, with a test voltage not less than the appropriate voltage in Table 8a of this standard, or 3 kV in the case of two layers and 5,5 kV in the case of three layers, whichever is the greater in each case.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex L
(normative)

Routine tests (production tests)

The tests specified in this annex are intended to reveal, as far as safety is concerned, unacceptable variations in material or manufacture. These tests are intended not to impair the properties and the reliability of the **transformer**, and shall be made by the manufacturer on each **transformer** after production. The inspection is to check that the following is ascertained on 100 % of the products by the manufacturer production system.

These test should be made at the temperature of the production line.

Further tests may have to be made to ensure that every **transformer** conforms with the specimens that withstood the tests of this standard, depending on the experience gained by the manufacturer.

The routine tests shall in principle be carried out at the end of the production. However they may be carried out at an earlier stage if it can be shown that the procedure provide the same degree of safety.

L.1 Protective earthing continuity test

For **class I transformers**, a current of at least 10 A, derived from a source with a no-load voltage not exceeding 12 V, is passed in turn between the protective earth terminal and each of accessible conductive parts which have to be earthed for safety reasons.

During this test, no interruption of the connections or substantial decrease of the current shall occur between the protective earth terminal and the relevant accessible metal part conductive parts.

L.2 Checking of no-load output voltage

The **no-load output voltage** shall comply with the declared value and tolerance stated by the manufacturer and shall in addition not exceed the maximum **no-load output voltage** required by the relevant part 2.

L.3 Dielectric strength test

The test is made in accordance with Table 8a of 18.3 at ambient temperature and without the moisture test of 17.2.

The specified test voltage is applied for 1 s.

The tests are made between:

a) **live parts** of the **input circuits** and accessible conductive parts of the **transformer**;

b) **input circuits** and **output circuits**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

No flashover or breakdown shall occur during the test.

Additional tests may be required for high insulation level **transformer**s and **separating transformers** with **working voltage** above 1 000 V.

L.4 Checking of protective devices mounting

The operation of a protection device, if any, shall not be prevented by incorrect mounting of the device in the **transformer**.

Compliance is checked by inspection.

L.5 Visual inspection

Visual inspection shall ensure that all required and relevant markings are provided.

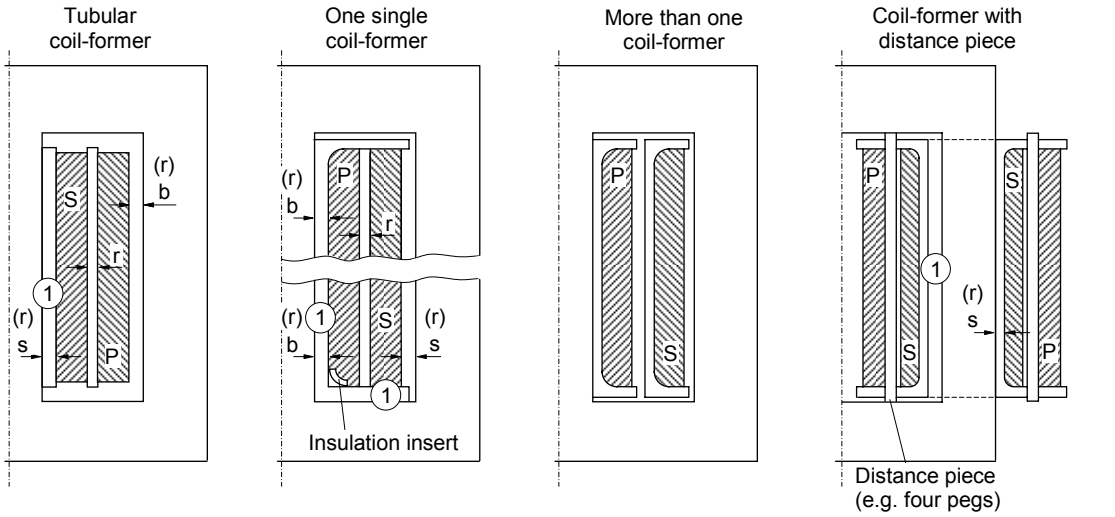
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex M
(informative)

Examples to be used as a guide for 19.1

M.1 Coil-former

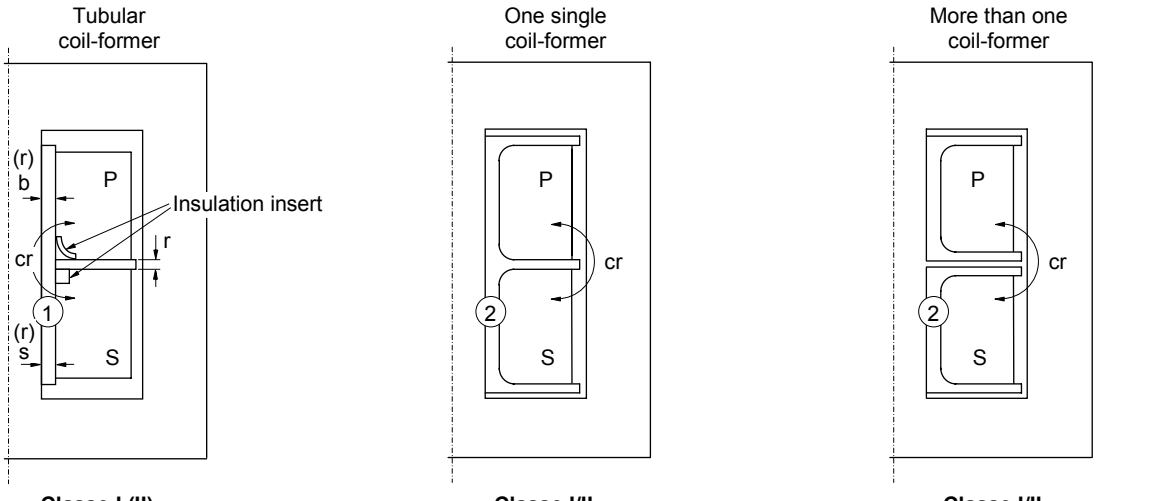
M.1.1 Concentric type



Classe I (II) **Classe I (II)** **Classe I/II** **Classe I (II)**

IEC 1291/05

M.1.2 Side-by-side type



Classe I (II) **Classe I/II** **Classe I/II**

IEC 1292/05

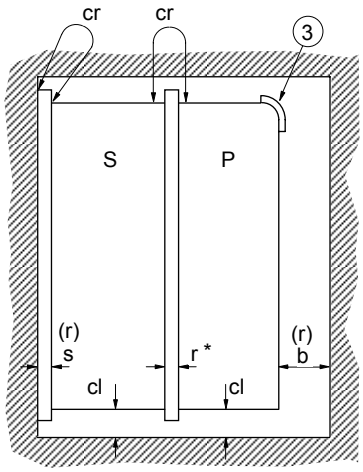
1: A tube of a specified thickness for **supplementary insulation** or at least three layers of tape (see Clause 26).

2: Formed part of thickness as specified for **supplementary insulation** in Clause 26.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

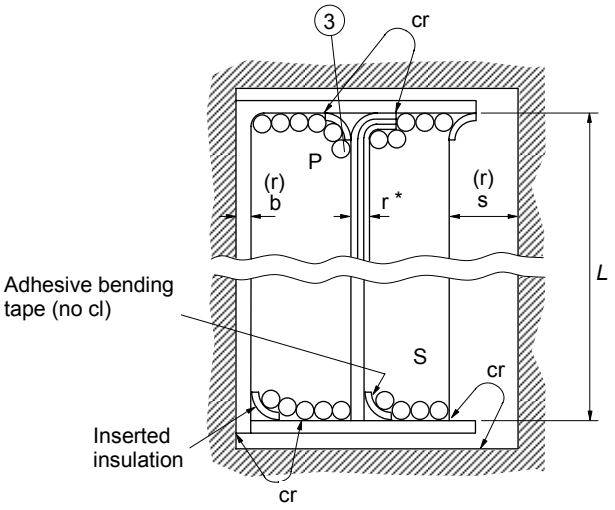
M.2 Windings

M.2.1 Without screen



Class I (II)

M.2.1 a)



Class I (II)

IEC 1293/05

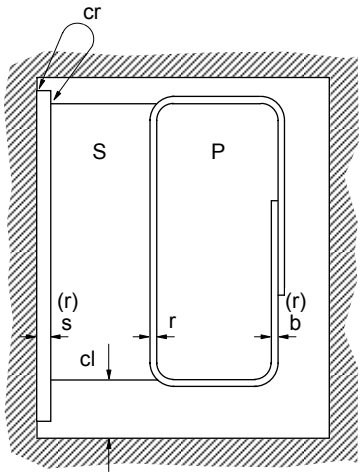
M.2.1 b)

r*: One piece of specified thickness or at least three layers of tape.

r**: One piece of specified thickness plus an adhesive tape or an insulation insert or at least three layers of tape plus, for example, an adhesive tape or at least four layers of serrated tape

3: Last turn of winding prevented from being displaced.

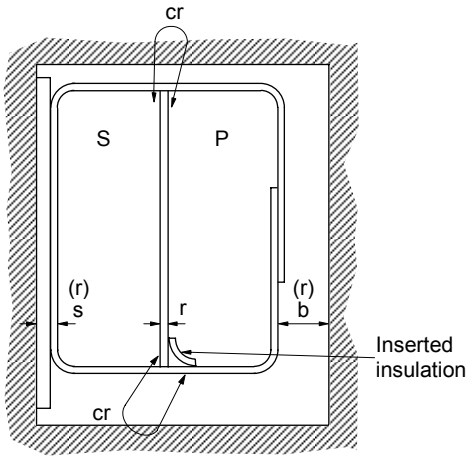
For example adhesive bonding tape or a bonding agent.



Input or ouput wrapped
with insulating material

Class I (II)

M.2.1 c)



Input and ouput wrapped
with insulating material (no cr)

Class I (II)

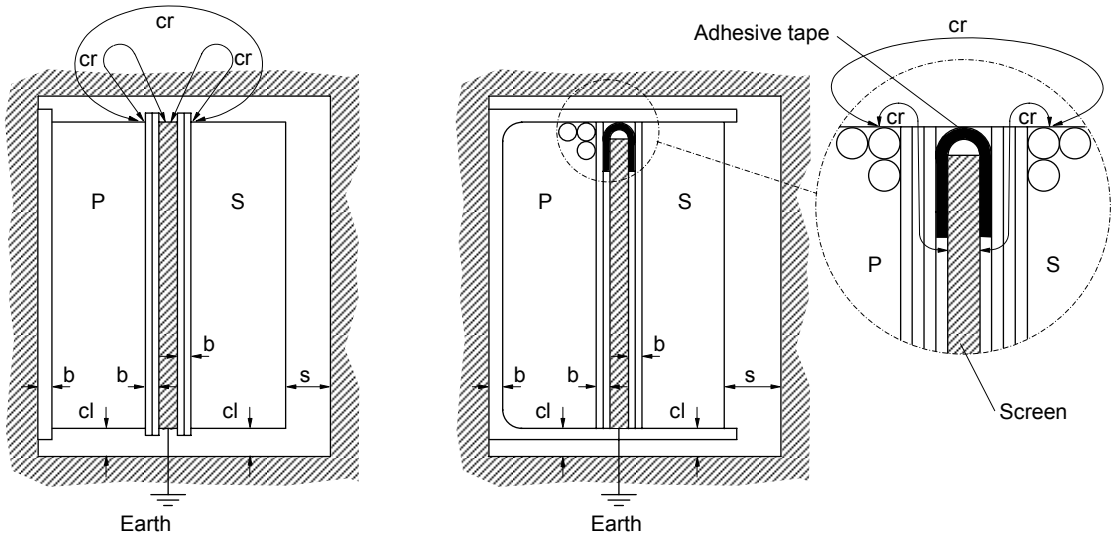
IEC 1294/05

M.2.1 d)

NOTE For class II construction the abbreviations are given in brackets.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

M.2.2 With screen



For class I construction

cr = **creepage distance**

cl = **clearance**

b = **basic insulation**

s = **supplementary insulation**

r = **reinforced insulation or double insulation**

P = input or first winding

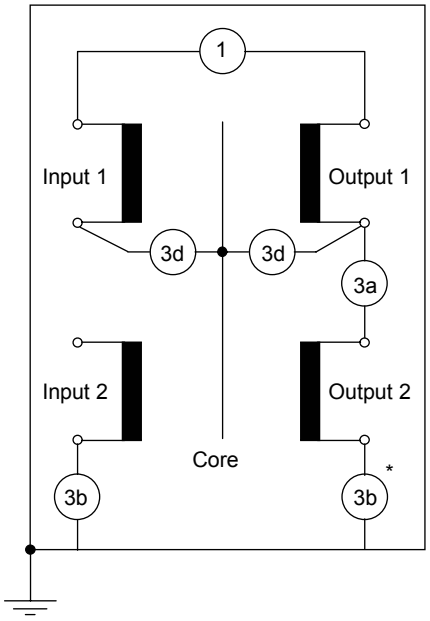
S = output or second winding

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex N
(informative)

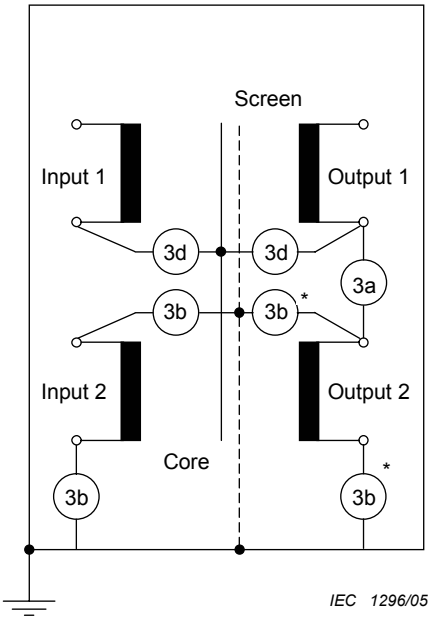
Examples of points of application of test voltages

NOTE Numbers in circles refer to certain items in Table 8a. Other methods of construction or layout may be used.



Example 1

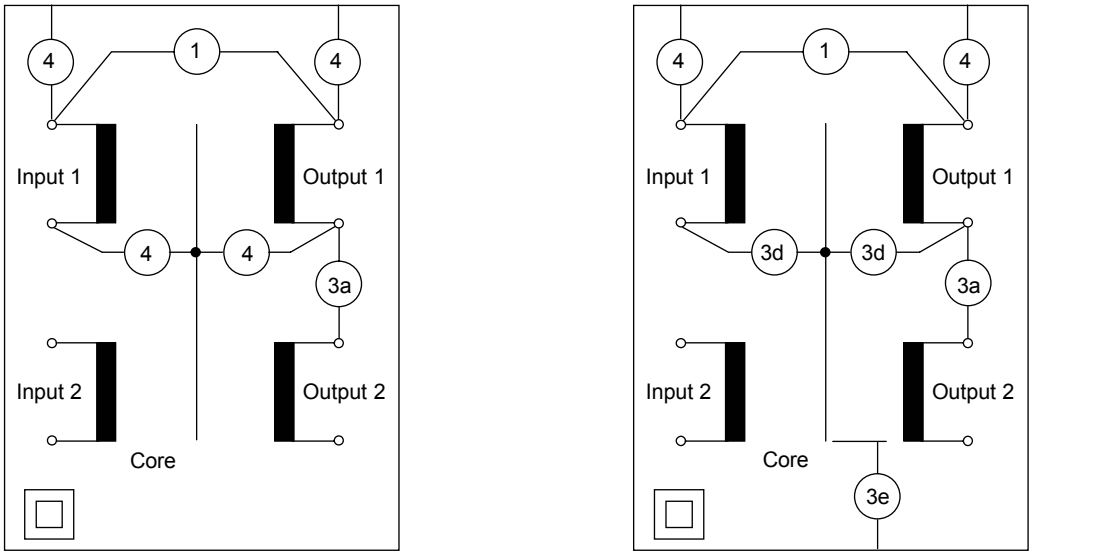
Transformer of **class I** construction.



Example 2

Transformer of **class I** construction with earthed metal screen

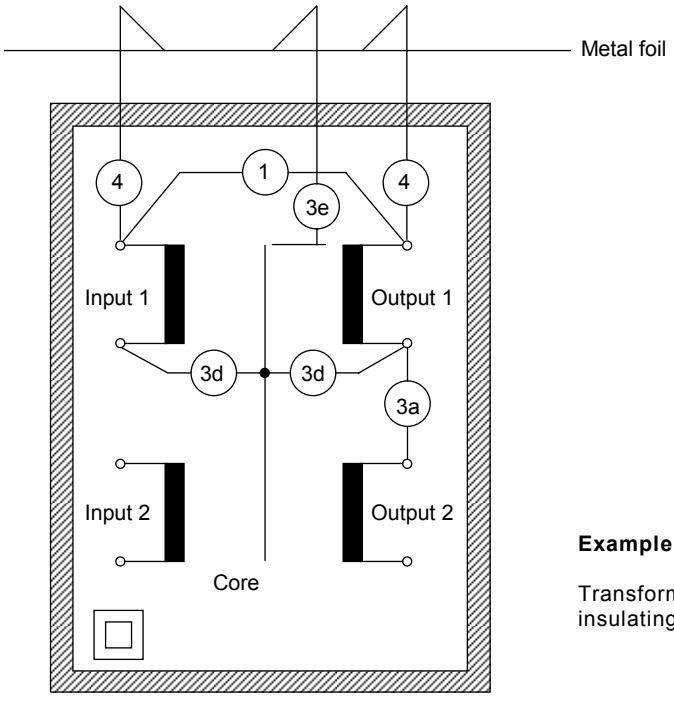
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Example 3 Transformer of **class II** construction with metal **enclosure**

a) Core connected to the **body**

b) Core not connected to the **body**



Example 4

Transformer of class II construction with **enclosure** of insulating material

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex O

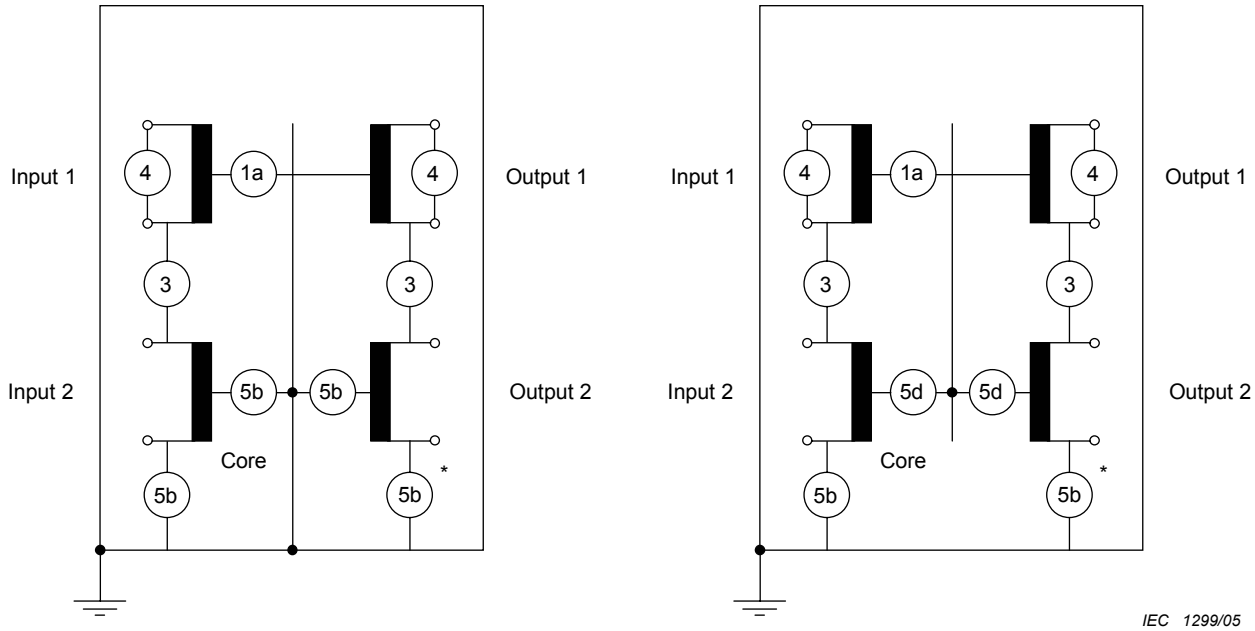
(void)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex P
(informative)

Examples of points of measurement of creepage distances and clearances

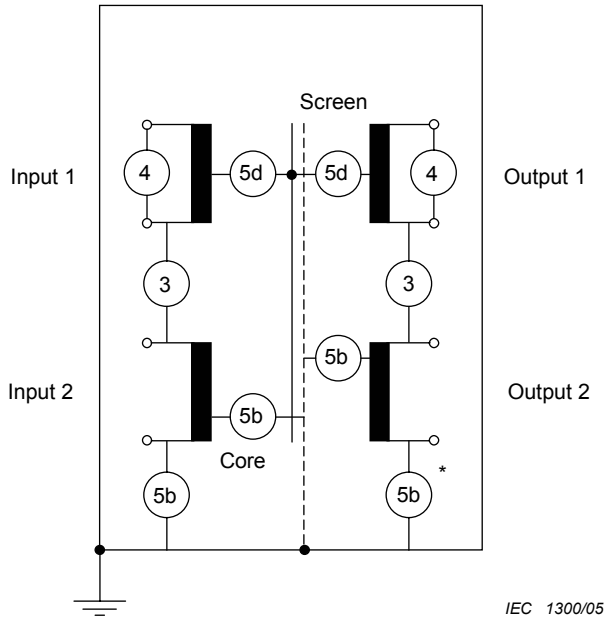
NOTE Numbers in circles refer to certain items in Table 13, Table C.1 and Table D.1. Other methods of construction or layout may be used.



Example 1 – Transformer of **class I** construction

a) Core connected to the **body**

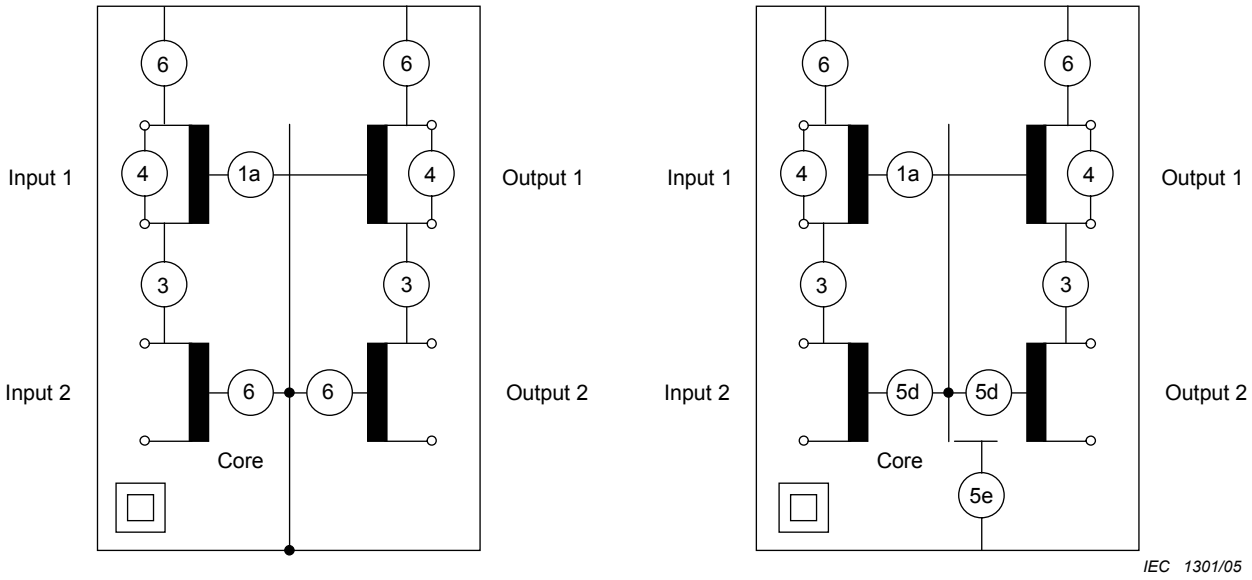
b) Core not connected to the **body**



Example 2

Transformer of class I construction with earthed metal screen

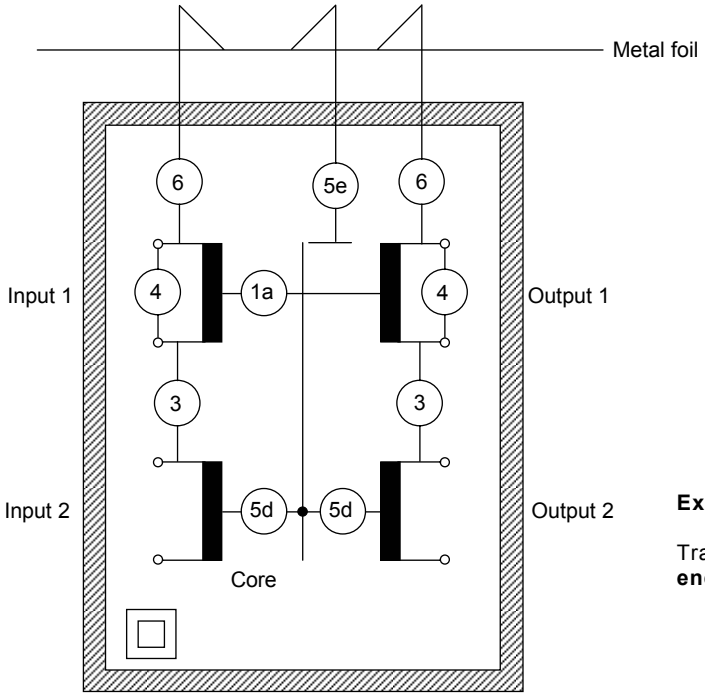
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Example 3 – Transformer of **class II** construction with metal **enclosure**

a) Core connected to the **body**

b) Core not connected to the **body**



Example 4

Transformer of class II construction with **enclosure** of insulating material

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex Q
(informative)

Explanation of IP numbers for degrees of protection

For full details see IEC 60529 from which the following is an extract.

Q.1 The type of protection covered by this system of classification is as follows:

a) protection of persons against contacts with, or approach to, **live parts** and against contact with moving parts (other than smooth rotating shafts and the like) inside the **enclosure**;

b) protection of the equipment against ingress of solid foreign objects.

Q.2 Protection of the equipment inside the **enclosure** against harmful ingress of water.

The designation indicating the degrees of protection consists of the characteristic letters IP followed by two numerals (the "characteristic numerals") indicating conformity with the conditions stated in Tables Q.1 and Q.2 respectively. The first numeral indicates the degree of protection described under item a) above and the second numeral the degree of protection described under item b) above.

Table Q.1 – Degrees of protection indicated by the first characteristic numeral

First characteristic numeral	Degree of protection	
	Short description	Brief details of objects which will be "excluded" from the enclosure
0	Non-protected	No special protection
1	Protected against solid objects greater than 50 mm	A large surface of the body, such as a hand (but no protection against deliberate access). Solid objects exceeding 50 mm in diameter
2	Protected against solid objects greater than 12,5 mm	Fingers or similar objects not exceeding 80 mm in length. Solid objects exceeding 12,5 mm in diameter
3	Protected against solid objects greater than 2,5 mm	**Tools**, wires, etc., of diameter or thickness greater than 2,5 mm. Solid objects exceeding 2,5 mm in diameter
4	Protected against solid objects greater than 1,0 mm	Wires or strips of thickness greater than 1,0 mm. Solid objects exceeding 1,0 mm in diameter
5	Dust-protected	Ingress of dust is not totally prevented but dust does not enter in sufficient quantity to interfere with satisfactory operation of the equipment
6	Dust-tight	No ingress of dust

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table Q.2 – Degrees of protection indicated by the second characteristic numeral

Second characteristic numeral	Degree of protection	
	Short description	**Details of the type of protection provided by the enclosure**
0	Non-protected	No special protection
1	Protected against dripping water	Dripping water (vertically falling drops) shall have no harmful effect
2	Protected against dripping water when **enclosure** tilted up to 15°	Vertically dripping water shall have no harmful effect when the **enclosure** is tilted at any angle up to 15° from its normal position
3	Protected against spraying water	Water sprayed at an angle up to 60° on either side of the vertical shall have no harmful effects Water falling as a spray at an angle up to 60° from the vertical shall have no harmful effect
4	Protected against splashing water	Water splashed against the **enclosure** from any direction shall have no harmful effect
5	Protected against water jets	Water projected by a nozzle against the **enclosure** from any direction shall have no harmful effect
6	Protected against powerful waterjet	Water projected in powerful jets shall not enter the **enclosure** in harmful quantities
7	Protected against the effects of temporary immersion in water	Ingress of water in a harmful quantity shall not be possible when the **enclosure** is temporarily immersed in water under defined conditions of pressure and time
8	Protected against the effects of continuous immersion in water	The equipment is suitable for continuous immersion in water under conditions which shall be specified by the manufacturer [a]

[a] Normally, this will mean that the equipment is hermetically sealed. However, with certain types of equipment it can mean that water can enter but only in such a manner that it produces no harmful effects.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex R
(normative)

Explanations of the application of 4.1.1.2.1 of IEC 60664-1 (see 26.2)

R.1 Impulse dielectric test:

– wave-form: 1,2 / 50 µs
– three impulses of each polarity
– interval between impulses at least 1 s
– impulse voltage according to Table 5 of IEC 60664-1
– rated impulse voltage according to **working voltage** and overvoltage category of Table 1 of IEC 60664-1
– for **double** or **reinforced insulation** the next higher value according to 2.1.1.2 of IEC 60664-1 is to be used (See 3.1.5 of IEC 60664-1). With this value the applicable impulse voltage in Table 5 of IEC 60664-1 can be found.

R.2 Example:

Working voltage: 300 V (r.m.s.) cat. III
⇒ acc. Table 1: 4 000 V (rated impulse voltage)
⇒ **double insulation** ⇒ 6 000 V (next higher value according to 2.1.1.2 rated impulse voltage)
⇒ acc. Table 5 (6 000 V) = 7,3 kV (impulse test voltage)

Table R.1 – Impulse test voltage according to 4.1.1.2.1 of IEC 60664-1

	Overvoltage category III		Overvoltage category II	
Working voltage V a.c.	**Double or reinforced insulation** V a.c.	**basic insulation** V a.c.	**double or reinforced insulation** V a.c.	**basic insulation** V a.c.
50	1 750	910	910	550
100	2 950	1 750	1 750	910
150	4 800	2 950	2 950	1 750
300	7 300	4 800	4 800	2 950
600	9 800	7 300	7 300	4 800
1 000	14 800	9 800	9 800	7 300

Values of test voltage for intermediate values of **working voltage** are found by interpolation between tabulated values.

Example:

AC 230 V	6130 V	3940 V	3940 V	2390 V

NOTE Definitions of overvoltage categories are given in item f) of 2.2.2.1 of IEC 60664-1.

Transformers for general use are in overvoltage category III.

Transformers for use in household appliance are in overvoltage category II

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex S

(void)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex T

(void)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex U
(informative)

Optional t_w–marking of transformers

For **transformers** with t_w marking, the following requirements apply additionally.

Based on empirical data, the t_w test is only applicable to **transformers** with a **rated output** up to 1 000 VA. Similarly, the maximum t_w temperature has been limited to 140 °C.

For checking the rated maximum operating temperature t_w, this standard specifies an endurance test period of 30 days as the standard method. In other standards where t_w-marking occurs other test periods may be used.

This standard permits the use of constants S other than 4 500 in t_w tests. If a claim is not made to the contrary, the endurance testing of **transformers** is based on the constant S, given in U.5.2, having a value of 4 500. A manufacturer may claim the use of other values if this can be justified by either of the tests specified.

Windings of t_w-marked **transformers** shall have adequate thermal endurance.

Compliance is checked by applying the indicated changes in the different clauses/subclauses specified and by carrying out the tests described.

U.1 General notes on tests (addition to Clause 5)

Introduce the following third and fourth paragraphs in 5.2:

*For t_w-marked **transformers** the type test is carried out on one sample consisting of eight **transformers** submitted for the purpose of type test. Seven **transformers** are for the endurance test and one for all other tests. For conditions of compliance test, see 14.4.*

*The t_w-tests are made under the conditions specified in U.5. In general all tests are made for each type of **transformer** or, where a range of similar **transformers** is involved, for each **rated output** in the range or on a representative selection from the range as agreed with the manufacturer. A reduction of the number of samples for the endurance test according to 14.4 including the use of constants S other than 4 500 according to U.5.2, or even the omission of these tests is allowed when **transformers** of the same construction but with different characteristics are submitted together for approval, or when test reports from the manufacturer or other authority are accepted by the testing station.*

Amend the present fifth paragraph of 5.2 as follows: "… in 14.3 and 14.4."

U.2 Heating (addition to Clause 14)

Change the heading of Clause 14 to "**Heating and endurance**".

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Add the following phrase to the first sentence in 14.1:

"... and windings shall have adequate thermal endurance."

Amend the second paragraph of 14.1 to read as follows:

"Compliance is checked by the test of 14.2 when the temperature of Table 1 shall not be exceeded. When applicable, the thermal endurance of windings is checked by the tests in 14.3 or 14.4. Moreover, the following conditions apply to the windings of not ***t_w****-marked* ***transformers****. Materials in windings complying with the requirements in 14.4 are regarded as classified materials."*

Add the following sentence to the end of the ninth paragraph of 14.1:

For the determination of the average temperature of a winding with ***t_w*** *-marking the test voltage shall not be increased.*

Introduce the following new first indent in Table 1:

Parts	Temperature °C
- with t_w-marking	t_w

Introduce the following new subclause 14.4:

14.4 Thermal endurance

Windings of ***t_w***-marked **transformers** shall have adequate thermal endurance.

Compliance is checked by the following test.

The windings of the ***transformers*** *are subjected to the thermal endurance test described in U.5. The test is carried out on seven new* ***transformers****, which have been subjected to measurements according to 11.1. They shall not be used for further testing.*

This test may also be applied to ***transformers*** *which form an integral part of an appliance and which cannot be tested separately, thereby enabling such integral* ***transformers*** *to be assigned with a* ***t_w*** *value.*

The thermal conditions shall be so adjusted that the objective duration of the test is as indicated by the manufacturer. If no indication is given, the test period shall be 30 days.

After the test, when the ***transformers*** *have returned to room temperature, they shall satisfy the following requirements:*

a) The output voltage shall not have changed from the value measured before the test by more than the percentages given for the relevant type of ***transformer*** *in 11.1.*

NOTE This test is to determine any adverse change in the **transformer** setting.

b) The insulation resistance between the ***input*** *and* ***output winding(s)*** *for* ***safety isolating, isolating*** *and* ***separating transformers*** *and for all kind of* ***transformers*** *between winding(s) and the* ***transformer*** *enclosure/body measured at 500 V d.c. shall be not less than 1 MΩ.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*c) The **transformer** shall withstand a dielectric strength test; the test voltage being 35 % of the values specified in Clause 18 Table 8a. The test voltage is applied as specified in item b) above.*

The result of the test is considered to be satisfactory if at least six of the seven **transformers** satisfy these requirements. The test is considered to be failed if more than two **transformers** fail the test.

In the case of two failures, the test is repeated with seven more **transformers** and no failure of these **transformers** is permitted.

U.3 Short circuit and overload protection (addition to Clause 15)

Add the following new column at the right side of Table 3:

Insulation classification		t_w
Retain the present text without change		See Table U.1

Introduce the following new table U.1:

Table U.1 – Example of maximum temperatures of windings under short circuit or overload conditions and at 110 % of rated voltage for transformers subjected to an endurance test duration of 30 days and a life expectance of 10 years

Constant *S*	**Maximum temperature °C**					
	S4.5	**S5**	**S6**	**S8**	**S11**	**S16**
For t_w = 90	171	161	147	131	119	110
95	178	168	154	138	125	115
100	186	176	161	144	131	121
105	194	183	168	150	137	126
110	201	190	175	156	143	132
115	209	198	181	163	149	137
120	217	205	188	169	154	143
125	224	212	195	175	160	149
130	232	220	202	182	166	154
135	240	227	209	188	172	160
140	248	235	216	195	178	166
Unless otherwise indicated on the **transformer**, the limiting temperatures specified in column S4.5 apply. Maximum temperatures for a life expectancy of 5 years will be found by calculation using Equation (U.2) in U.5.1 .						

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

U.4 Testing a series of transformers (modification to Annex B)

Change Annex B as follows:

Clause B.1

Replace the first line of item c) by the following:

c) They are designed for the same minimum and maximum ambient temperature and, if relevant, for the same t_w-marking.

Clause B.2

Add the following new item d):

d) for t_w-marked **transformers**, the parameters above apply with the addition that the samples used for the thermal endurance test shall be of the type in the series having the highest current density (i.e. the highest current per mm^2 copper conductor area).

U.5 General requirements and information about thermal endurance test on windings

U.5.1 Thermal endurance test

The test is carried out in an appropriate oven.

*The **transformer** shall function electrically in a manner similar to that in normal use, and in the case of capacitors, components or other auxiliaries which should not be subjected to the test, these shall be disconnected and reconnected again in the circuit but outside the oven. Other components which do not influence the operating conditions of the windings may be removed.*

***Transformers** incorporating a protective device shall comply with the thermal endurance test on windings with the protector short-circuited.*

NOTE 1 In the case, e.g. of type testing, where it is necessary to short-circuit protectors and disconnect capacitors, components or other auxiliaries which should not be subjected to the test, it is recommended that the manufacturer supplies special **transformers** with these parts short-circuited or removed and if applicable, any necessary additional connections brought out from the **transformer**.

*In general, to obtain normal operating conditions, the **transformer** is tested with the **rated output**.*

*The **transformer** enclosure, if of metal, is earthed. Loads are always kept outside the oven.*

*The seven **transformers** are placed in the oven, and the rated voltage applied to each of the circuits.*

*The oven thermostats are then regulated so that the internal temperature of the oven attains a value such that the temperature of the hottest winding in each of the **transformers** is approximately equal to the objective value given in Table U.2.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Table U.2 –Theoretical test temperatures for transformers subjected to an endurance test duration of 30 days and a life expectancy of 10 years

Constant *S*	Theoretical test temperatures *t* °C					
	S4.5	**S5**	**S6**	**S8**	**S11**	**S16**
For t_w = 90	163	155	142	128	117	108
95	171	162	149	134	123	113
100	178	169	156	140	128	119
105	185	176	162	146	134	125
110	193	183	169	152	140	130
115	200	190	175	159	146	136
120	207	197	182	165	152	141
125	215	204	189	171	157	147
130	222	211	196	177	163	152
135	230	219	202	184	169	158
140	238	226	209	190	175	163
Unless otherwise indicated on the **transformer**, the theoretical test temperatures specified in column S4.5 apply. The use of a constant other than S4.5 shall be justified in accordance with U.5.2 Theoretical test temperatures for a life expectancy of 5 years will be found by calculation using Equation (U.2) of this clause.						

After 4 h, the actual temperature of the winding is determined by the "change in resistance" method, and if necessary the oven thermostats are readjusted to approximate as closely as possible the objective test temperature. Thereafter a daily reading of the air temperature in the oven is taken to ensure that the thermostats are maintained at the correct value to within ± 2 °C.

The winding temperatures are measured again after 24 h and the final test period for any ***transformer*** *is determined form Equation (U.2). Figure U.1 illustrates this in graphical form. The permissible difference between the actual temperature of the hottest winding of any of the* ***transformers*** *under test and the theoretical value shall be such that the final test period is at least equal to, but not more than twice, the objective test period.*

NOTE 2 For the measurement of winding temperature by the "change in resistance" method, the following Equation (U.1) is applicable:

$$t_2 = \frac{R_2}{R_1}(234{,}5 + t_1) - 234{,}5 \qquad \text{(U.1)}$$

where:

t_1 = initial temperature (°C);

t_2 = final temperature (°C);

R_1 = resistance at temperature t_1;

R_2 = resistance at temperature t_2.

The constant 234,5 relates to copper windings, for aluminium this constant should be 225.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

No attempt shall be made to hold the winding temperature constant after the measurement at 24 h. Only the ambient air temperature shall be stabilized by the thermostatic control.

*The test period for each **transformer** starts from the time the **transformer** is connected to the supply. At the end of its test, the relevant **transformer** is disconnected from the supply, but is not removed from the oven until the test on the other **transformer** have been completed.*

NOTE 3 The theoretical test temperatures given in Table U.2 correspond to a working life of 10 years continuous operation at the rated maximum operating temperature t_w.

They are computed using the following equation (see Figure U.B1):

$$\log L = \log L_o + S\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_w}\right) \quad \text{(U.2)}$$

where:

L is the objective endurance test life in days (30)

L_o is 3 652 days (10 years)

T is the theoretical test temperature (t + 273) K

T_w is the rated maximum operating temperature (t_w + 273) K

S is the constant depending on the design of the **transformer** and the materials used. If no claim is made to the contrary, S is taken to be 4 500 but a manufacturer may claim the use of other values if this is justified by the relevant tests.

Consequently the endurance test can be carried out in a much shorter time than 10 years or the chosen life expectancy at a related higher winding temperature.

U.5.2 The use of constants *S* other than 4 500 in t_w tests

U.5.2.1 The tests outlined in this annex are intended to enable the manufacturer to prove a claimed value of *S* other than 4 500.

Theoretical test temperatures *T* for use in ballast endurance tests are calculated from equation (U.2) in U.5.1.

If no claim is made to the contrary, *S* shall be taken to be 4 500 but a manufacturer may claim the use of any of the values in Table U.2 if this can be justified by procedures a) and b) below.

If the use of a constant other than 4 500 for a particular **transformer** has been proved on the basis of procedures a) and b), then that constant may be used in endurance tests for that **transformer** and others using the same construction and materials.

U.5.2.2 Procedure a)

The manufacturer submits experimental data relating life to winding temperature for the **transformer** design concerned, based on enough samples, but no fewer than 30.

From these data, the regression line relating *T* to log *L*, together with the 95 % confidence lines associated with it, are computed.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

A straight line is then drawn through the points where the 10 days and 120 days abscissae intersect the upper and lower 95 % confidence lines respectively. See Figure U.2 for a typical presentation. If the inverse of the slope of this is greater than or equal to the claimed value of *S*, then the latter has been proved within 95 % confidence limits. For failure criteria, see procedure b).

NOTE 1 The points at 10 days and 120 days represent the smallest interval needed for the application of the confidence lines. Other points may be used provided a similar or greater interval is covered.

NOTE 2 Information in respect of the techniques involved and the method of calculating regression lines at confidence limits are given in IEC 60216.

U.5.2.3 Procedure *b)*

The testing authority shall test 14 new **transformers** submitted by the manufacturer in addition to those required for the endurance test, divided at random into two groups of seven. The manufacturer shall state the value of *S* claimed and the test temperature T_1, required to achieve a nominal average **transformer** life of 10 days, together with the corresponding test temperature T_2, for a nominal average **transformer** life of at least 120 days, calculated using T_1 and the claimed value of *S* in the following version of the Equation (U.2).

$$\frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{S}\log\frac{120}{10} \quad \text{or} \quad \frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_1} + \frac{1\,079}{S} \tag{U.3}$$

where

T_1 = theoretical test temperature in K for 10 days

T_2 = theoretical test temperature in K for 120 days

S = claimed constant

Endurance tests are then carried out using the basic method in U.5.1 on the two groups of seven **transformers**, based on the theoretical temperature T_1 (Test 1) and T_2 (Test 2) respectively.

If the current deviates more than 15 % from the initial value measured 24 h after the commencement of the test, the test is repeated at a lower temperature. The duration of the test is calculated with the help of Equation (U.2) in U.5.1. A **transformer** is considered to have failed if during operation in the oven:

a) the **transformer** becomes open-circuit;

b) breakdown of the insulation occurs, as indicated by the operation of a fast acting fuse with a current rating of 150 % – 200 % of the initial supply current measured after 24 h.

Test 1, the duration of which shall be equal to or greater than 10 days, is continued until all the **transformers** have failed and the mean life L_1, has been calculated from the mean of the logarithm of the individual lives at temperature T_1. From this, the corresponding mean life L_2 at temperature T_2 is calculated with the help of another arrangement (Equation U.4) of Equation (U.2):

$$L_2 = L_1 \exp\left[\frac{S}{\log e}\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right] \tag{U.4}$$

where

L_1 is the mean life

L_2 is the corresponding mean life (the mean life for *T*2)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

T_1 is the theoretical test temperature in K for 10 days

T_2 is the theoretical test temperature in K for 120 days

S is the claimed constant

NOTE 1 Care should be taken to ensure that the failure of one or more **transformers** does not affect the temperature of the remaining **transformers** on test.

Test 2 is continued until such time as the mean life at temperature T_2 exceeds L_2; this result implies that the constant for the sample is at least that claimed. If all the samples in Test 2 fail before the mean life reaches L_2, then the constant claimed for the samples has not been verified.

The test lives shall be normalized from the actual test temperature to the theoretical test temperature using the claimed constant S.

NOTE 2 It is not generally necessary to continue Test 2 until all the **transformers** have failed. Calculation of the necessary duration of the test is simple but needs to be updated whenever a failure occurs.

In the case of **transformers** incorporating temperature-sensitive materials, a nominal **transformer** life of 10 days might not be appropriate. In such cases, the manufacturer may adopt a longer life providing this is shorter than the appropriate endurance test period of 30 days. In such cases, the longer nominal **transformer** life shall be at least ten times that of the shorter (e.g. 15/150 days, 18/180 days, etc.).

These curves are for information only and illustrate equation (2) using a constant S of 4 500 (see Annex U.1).

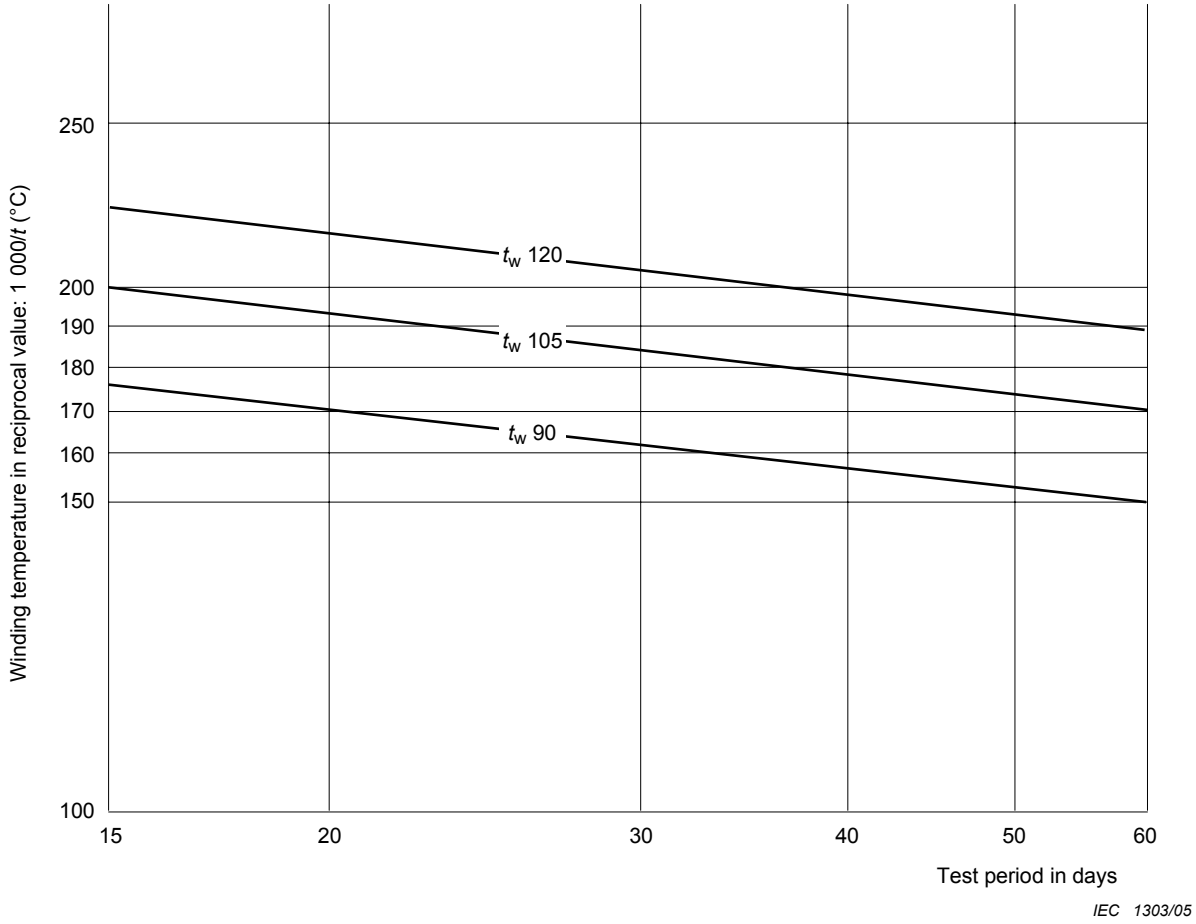


Figure U.1 – Relation between winding temperature and endurance test duration

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

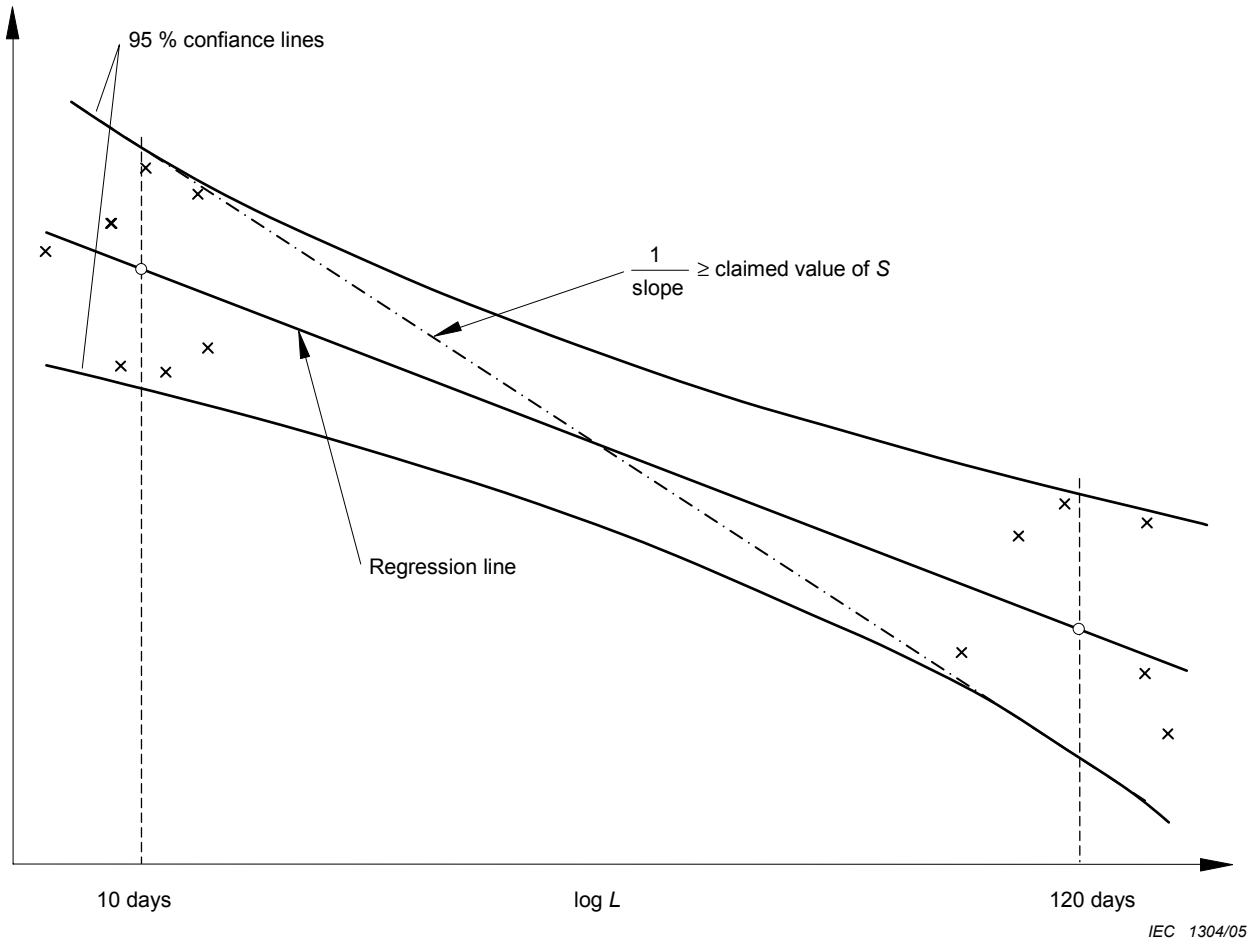


Figure U.2 – Assessment of claimed value of *S*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex V
(informative)

Symbols to be used for thermal cut-outs

V.1 Introduction

The purpose of this annex is to give information to the equipment manufacturer and the end user on the way to proceed for resetting the **transformer** after operation of the thermal cut-out.

When the symbols are used, they are intended for information. In the future, when they are known and recognized, the intention is to make them mandatory.

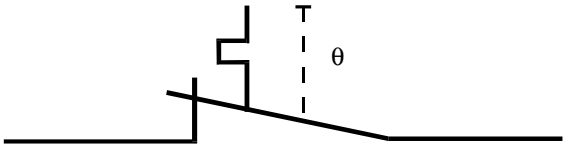
V.2 The symbols, when used, are placed on the **transformer**. They apply to both **independent** and **associated transformers**.

The following drawings should be used.

NOTE θ is the symbol used to show that the device is operated by temperature.

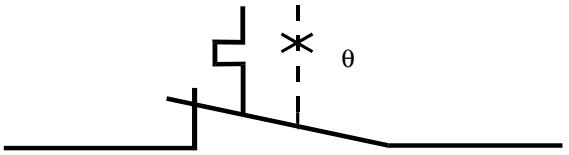
V.2.1 Non-self-resetting thermal cut-out (see 3.3.4)

V.2.1.1 Restored by manual operation



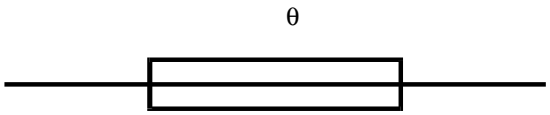
IEC 489/98

V.2.1.2 Restored by disconnection of the supply



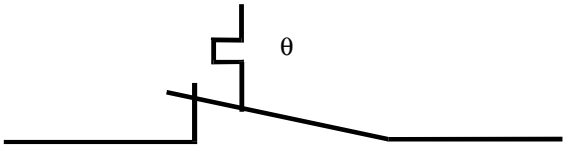
IEC 490/98

V.2.1.3 Thermal link (see 3.3.5)



IEC 491/98

V.2.2 Self-resetting thermal cut-out (see 3.3.3)



IEC 492/98

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annex W
(normative)

Coated printed circuit boards

The testing of protective coatings of printed circuit boards is carried out in accordance with IEC 60664-3 with the following modifications:

W.1 General

The requirements of 5.1 of IEC 60664-3 apply, but when production samples are used, three samples of the printed circuit board are tested

W.2 Cold

The test of 5.7.1 of IEC 60664-3 is carried out at –25 °C.

W.3 Rapid change of temperature

In the requirement of 5.7.3 of IEC 60664-3 , severity 1 is specified.

W.4 Additional tests

The requirements of 5.9 of IEC 60664-3 are not applicable.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Bibliography

IEC 60038:1983, *IEC standard voltages*

IEC 60050-195:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 195: Earthing and protection against electric shock*

IEC 60050-421:1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 421: Power transformers and reactors*

IEC 60050-826:1982, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 826: Electrical installations of buildings*

IEC 60051(all parts), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

IEC 60364-4-41:2001, *Electrical installations of buildings – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electrical shock*

IEC 60584-1:1995, *Thermocouples – Part 1: Reference tables*

IEC 60738-1:1998, *Thermistors – Directly heated positive step-function temperature coefficient – Part 1: Generic specification*

IEC 60998-1:2002, *Connecting devices for low voltage circuits for household and similar purposes – Part 1: General requirements*

IEC 61000-3-2:2000, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤16 A per phase*

IEC 61000-3-3:1994, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3: Limits – Section 3: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current ≤16 A*

IEC 62041:2003, *Power transformers, power supply units, reactors and similar products – EMC requirements*

CISPR 11:2003, *Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment – Electromagnetic disturbance characteristics - Limits and methods of measurement*

CISPR 14:(all parts), *Electromagnetic compatibility – Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus*

ISO 3:1973, *Preferred numbers – Series of preferred numbers*

IEEE 101: 1987, *IEEE guide for the statistical analysis of thermal life test data*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Index of defined terms

– A –

accessible part 3.2.5
all pole disconnection..... 3.3.1
associated **transformer** 3.1.6

– B –

basic insulation..... 3.7.1
body..... 3.2.4

– C –

class I **transformer** 3.7.5
class II **transformer** 3.7.6
class III **transformer** 3.7.7
clearance 3.7.8
conductive part..... 3.2.11
connecting leads..... 3.2.3
continuous operation duty 3.3.10.1
creepage distance 3.7.9

– D –

degrees of pollution 3.7.12
detachable part..... 3.2.6
double insulation..... 3.7.3
dry-type **transformer** 3.1.18
duty type 3.3.10

– E –

electrical separation..... 3.2.15
ELV (extra-low voltage) 3.7.15
enclosure 3.2.9
external flexible cable or cord 3.2.1

– F –

fail-safe **transformer** 3.1.11
FELV-circuit 3.7.19
fixed **transformer** 3.1.14
flush-type **transformer**..... 3.1.13
functional insulation 3.7.22

– H –

hand-held **transformer** 3.1.16
hazardous live part 3.7.21

– I –

incorporated **transformer**..... 3.1.6.1
independent **transformer**..... 3.1.7
inherently short-circuit proof **transformer** 3.1.9.2
input circuit 3.4.1
input winding 3.4.3
insulated winding wire 3.4.6
intentional weak part..... 3.3.7
intermediate conductive part..... 3.2.10
intermittent duty cycle 3.3.10.3
internal operational frequency 3.5.3.2
internal circuit..... 3.4.5
isolating **transformer**..... 3.1.2

– L –

live part..... 3.7.20

– M –

micro-environment 3.7.11

– N –

no-load input 3.6.1
no-load output voltage..... 3.6.2
non-detachable part.....3.2.7
non inherently short-circuit proof
transformer..... 3.1.9.1
non-self-resetting thermal cut-out.....3.3.4
non-short-circuit proof **transformer** 3.1.10

– O –

output circuit 3.4.2
output winding 3.4.4
overload releay.....3.3.6

– P –

PELV-circuit 3.7.18
pollution 3.7.10
pollution degree 1 (P1)..... 3.7.12.1
pollution degree 2 (P2)..... 3.7.12.2
pollution degree 3 (P3)..... 3.7.12.3
portable **transformer**..... 3.1.12
power supply cord 3.2.2
power supply unit 3.1.19
power **transformer**..... 3.1.1
protective screening 3.7.14
protective separation 3.7.13
protective earth conductor.....3.3.11
protective earth conductor current 3.8.2

– R –

rated ambient temperature t_a 3.5.8
rated frequency 3.5.3
rated minimum ambient temperature..... 3.5.9
rated supply frequency..... 3.5.3.1
rated output.....3.5.7
rated output current 3.5.4
rated output voltage.....3.5.5
rated power factor 3.5.6
rated supply voltage 3.5.1
rated supply voltage range 3.5.2
reinforced insulation 3.7.4

– S –

safety isolating **transformer** 3.1.3
self-resetting thermal cut-out..... 3.3.3
SELV 3.7.16
SELV-circuit 3.7.17
separating **transformer** 3.1.4
short-circuit proof **transformer**..... 3.1.9
short-circuit voltage 3.3.9
short-time duty cycle..... 3.3.10.2
stationary **transformer** 3.1.15
supplementary insulation 3.7.2

– T –

thermal cut-out..... 3.3.2
thermal-link 3.3.5
tool 3.2.8
touch current.....3.8.1
transformer.....3.1.1
transformer for specific use 3.1.6.2
t_w 3.5.10
Type X attachment..... 3.2.1
Type Y attachment 3.2.1
Type Z attachment..... 3.2.1

– W –

working voltage 3.3.8

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 165
INTRODUCTION 168

1 Domaine d'application 171
2 Références normatives 173
3 Termes et définitions 176
4 Exigences générales 189
5 Généralités sur les essais 189
6 Caractéristiques assignées 191
7 Classification 191
8 Marquage et indications 193
9 Protection contre les chocs électriques 198
10 Changement de la tension primaire d'alimentation 201
11 Tension secondaire et courant secondaire en charge 202
12 Tension secondaire à vide 202
13 Tension de court-circuit 203
14 Echauffements 203
15 Protection contre les courts-circuits et les surcharges 208
16 Résistance mécanique 212
17 Protection contre les effets nuisibles dus à la pénétration de poussière, d'objets solides et de l'humidité 215
18 Résistance d'isolement, rigidité diélectrique et courant de fuite 219
19 Construction 223
20 Composants 230
21 Conducteurs internes 236
22 Raccordement à l'alimentation et câbles souples externes 236
23 Bornes pour conducteurs externes 242
24 Dispositions en vue de la mise à la terre 244
25 Vis et connexions 245
26 Lignes de fuite, distances d'isolement et distances à travers l'isolation 248
27 Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement 257
28 Protection contre la rouille 261

Annexe A (normative) Mesures des distances d'isolement et des lignes de fuite 269
Annexe B (normative) Essais d'une série de transformateurs 273
Annexe C (normative) Lignes de fuite (Idf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti) – Matériau groupe II (400 ≤CTI <600) 275
Annexe D (normative) Lignes de fuite (Idf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti) Matériau groupe I (CTI ≥600) 278
Annexe E (normative) Essai au fil incandescent 281
Annexe F (normative) Exigences pour les interrupteurs manuels faisant partie d'un transformateur 282

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe G (normative) Essai de résistance aux courants de cheminement 285
Annexe H (normative) Circuits électroniques 286
Annexe I (vide)..... 290
Annexe J (normative) Circuit de mesure pour les courants de contact..... 291
Annexe K (normative) Fils de bobinage isolés pour utilisation comme isolation multicouche 292
Annexe L (normative) Essais individuels en cours de fabrication (essais de routine) 294
Annexe M (informative) Exemples destinés à être utilisés comme guide pour 19.1..... 296
Annexe N (informative) Exemples de points d'application de tensions d'essai 299
Annexe O (vide)..... 301
Annexe P (informative) Exemples de points de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement..... 302
Annexe Q (informative) Explication des chiffres IP pour les degrés de protection 304
Annexe R (informative) Explications sur la façon d'appliquer 4.1.1.2.1 de la CEI 60664-1 ... 306
Annexe S (vide) 307
Annexe T (vide)..... 308
Annexe U (informative) Option t_w – marquage des transformateurs..... 309
Annexe V (informative) Symboles à utiliser pour les coupe-circuit thermiques 318
Annexe W (normative) Cartes de circuits imprimés avec revêtement 319

Bibliographie..... 320

Index des termes définis 321

Figure 0 – Principe de la CEI 61558 169
Figure 1 – Boîte de montage pour transformateur pour pose encastrée (voir 5.10)..... 262
Figure 2 – Doigt d'épreuve normalisé (voir 9.1.2, 15.5.2 et la CEI 61032 calibre d'essai B) .. 263
Figure 3 – Broche d'essai (voir 9.2 et la CEI 61032 calibre d'essai 13)..... 264
Figure 4 – Essai de résistance à l'abrasion pour les couches de revêtement isolant..... 264
Figure 5 – Appareil pour l'essai à la bille (voir 27.1)..... 265
Figure 6 – Disposition d'essai pour vérifier la résistance mécanique des isolantes en couches minces (voir 26.3)..... 266
Figure 7 – Appareil d'essai de flexion (voir 22.9.4)..... 267
Figure 8 – Configuration d'essai: équipement monophase sur système en étoile TN ou TT .. 268
Figure H.1 – Exemple d'un circuit électronique avec des points à basse puissance (voir H.2.2)..... 289
Figure J.1 – Réseau de mesure pour courant de contact 291
Figure U.1 – Relation entre la température de l'enroulement et la durée de l'essai d'endurance..... 316
Figure U.2 – Contrôle de la valeur revendiquée de *S* 317

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau 1 – Valeurs des températures maximales en usage normal 205
Tableau 2 – Température et durée d'essai (en jours) par cycle 207
Tableau 3 – Valeurs maximales des températures en cas de court-circuit ou de surcharge 209
Tableau 4 – Valeurs de *T* et *k* pour les fusibles 210
Tableau 5 – Force de traction sur les broches 214
Tableau 6 – Essai des transformateurs protégés contre la pénétration des corps solides 216
Tableau 7 – Valeur des résistances d'isolement 219
Tableau 8a – Tableau des tensions d'essai de rigidité diélectrique 220
Tableau 8b – Courants limites 223
Tableau 9 – Sections nominales des câbles souples externes 238
Tableau 10 – Force de torsion et couple à appliquer aux câbles souples externes d'un transformateur fixe ou mobile 241
Tableau 11 – Couple appliqué aux vis et connexions 246
Tableau 12 – Couple de torsion des presse-étoupe 248
Tableau 13 – Lignes de fuite (ldf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti) Matériau groupe IIIa (175 ≤CTI <400) 254
Tableau C.1 – Lignes de fuite (ldf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti) – Matériau groupe II (400 ≤CTI <600) 275
Tableau D.1 – Lignes de fuite (ldf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti) Matériau groupe I (CTI ≥600) 278
Tableau F.1 – Courant de crête de décharge de la charge additionnelle 283
Tableau Q.1 – Degré de protection indiqué par le premier chiffre caractéristique 304
Tableau Q.2 – Degré de protection indiqué par le deuxième chiffre caractéristique 305
Tableau R.1 – impulsion de tension d'essai conforme à 4.1.1.2.1 de la CEI 60664-1 306
Tableau U.1 – Exemple de températures maximales d'enroulements en conditions de surcharge ou de court-circuit et à 110 % de la tension assignée pour les transformateurs soumis à une durée d'essai d'endurance de 30 jours avec une espérance de vie de 10 ans 311
Tableau U.2 – Températures d'essai théoriques pour transformateurs soumis à une durée d'essai d'endurance de 30 jours avec une espérance de vie de 10 ans 313

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DES TRANSFORMATEURS, ALIMENTATIONS, BOBINES D'INDUCTANCE ET PRODUITS ANALOGUES –

Partie 1: Exigences générales et essais

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61558-1 a été établie par le comité d'études 96 de la CEI: Petits transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues.

Elle a le statut de publication groupée de sécurité conformément au guide CEI 104.

Cette nouvelle édition représente une révision complète de la précédente édition. Les changements apportés à la précédente édition ont été rendus nécessaires par l'introduction de nouvelles technologies et par la mise en place des exigences relatives par les comités de produits.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Cette version consolidée de la CEI 61558-1 comprend la deuxième édition (2005) [documents 96/224/FDIS et 96/228/RVD], son amendement 1 (2009) [documents 96/314/FDIS et 96/320/RVD] et le corrigendum de mars 2008 .

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 2.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

La version française n'a pas été soumise au vote.

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

Cette deuxième édition de la Partie 1 doit être utilisée avec les parties 2 basée sur cette Edition. Les parties 2 comportent les articles complétant ou modifiant les articles de la Partie 1, afin d'établir les règles complètes pour chaque type d'appareil.

Certains pays toutefois peuvent souhaiter considérer l'application de la présente norme, dans la mesure du possible, à des transformateurs qui ne sont pas mentionnés dans les parties 2 ainsi qu'à des transformateurs conçus suivant de nouveaux principes.

NOTE L'Annexe U a pour objet le système optionnel t_W (marquage, exigences et essais).

La CEI 61558 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues:*[1)]

Partie 1: Exigences générales et essais

Partie 2-1: Règles particulières pour les transformateurs d'isolement à enroulement séparés pour usage général

Partie 2-2: Règles particulières pour les transformateurs de commande

Partie 2-3: Règles particulières pour les transformateurs d'allumage pour brûleurs à gaz et combustibles liquides

Partie 2-4: Règles particulières pour les transformateurs de séparation des circuits pour usage général

Partie 2-5: Règles particulières pour les transformateurs et les blocs d'alimentation pour rasoirs

Partie 2-6: Règles particulières pour les transformateurs de sécurité pour usage général

Partie 2-7: Règles particulières pour transformateurs pour jouets

Partie 2-8: Règles particulières pour les transformateurs pour sonneries

Partie 2-9: Règles particulières pour les transformateurs pour baladeuses de classe III pour lampe à filament de tungstène

Partie 2-12: Règles particulières pour les transformateurs à tension constante

Partie 2-13: Règles particulières pour les autotransformateurs pour usage général

Partie 2-14: Règles particulières pour les transformateurs variables (*en préparation*)

Partie 2-15: Règles particulières pour les transformateurs de séparation de circuits pour locaux à usages médicaux

---

1) Certaines parties, publiées antérieurement, portent le titre général de *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et analogues*, ou celui de *Sécurité des transformateurs, blocs d'alimentation et dispositifs analogues*. Leur titre sera mis à jour lors d'une prochaine édition.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Partie 2-16: Règles particulières pour les alimentations à découpage et les transformateurs pour alimentations à découpage (*en préparation*)

Partie 2-17: Règles particulières pour les transformateurs pour alimentation à découpage

Partie 2-19: Règles particulières pour les transformateurs d'atténuation de perturbations

Partie 2-20: Règles particulières pour les petites bobines d'inductance

Partie 2-23: Règles particulières pour les transformateurs pour chantiers

D'autres parties sont actuellement à l'étude.

Dans la présente norme, les caractères d'imprimerie suivants sont employés:

– exigences proprement dites: caractères romains;
– *modalités d'essais: caractères italiques;*
– commentaires: petits caractères romains.

Dans le texte de la norme, les mots en **gras** sont définis à l'Article 3.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de maintenance 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.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale couvre les exigences de sécurité pour les **transformateurs**. Lorsque le terme «**transformateur**» est utilisé, il couvre soit le **transformateur**, soit la **bobine d'inductance**, soit l'**alimentation**, suivant les cas.

Lors de l'élaboration de cette norme, les exigences de la CEI 60364 ont été prises en compte autant que possible, de sorte qu'un **transformateur** puisse être installé conformément aux règles d'installation qu'elle contient. Cependant les règles d'installation nationales peuvent différer.

Cette norme couvre les niveaux de protection acceptés internationalement contre les risques tels que les risques électriques, mécaniques et liés au feu, qui peuvent être induits par les **transformateurs** durant leur fonctionnement en utilisation normale et selon les instructions du constructeur. Elle couvre aussi les situations anormales qui peuvent se produire dans la pratique.

Un **transformateur** conforme à cette norme ne sera pas nécessairement jugé conforme aux principes de sécurité de cette norme si, lorsqu'il est examiné et essayé, il apparaît avoir d'autres caractéristiques qui compromettent le niveau de sécurité couvert par les exigences de la présente norme.

Un **transformateur** utilisant des matériaux ou ayant des formes de construction qui diffèrent des données détaillées dans cette norme peut être examiné et essayé en tenant compte des objectifs de ces exigences. S'il est jugé pratiquement équivalent, il peut être considéré conforme aux exigences de sécurité de cette norme.

La norme traitant des aspects non relatifs à la sécurité de la compatibilité électromagnétique (CEM) des **transformateurs** est la CEI 62041: *Transformateurs, blocs d'alimentation, bobines d'inductance et produits analogues – Prescriptions CEM*. Cependant, cette dernière fait également mention d'essais qui peuvent soumettre le **transformateur** à des conditions impliquant des aspects relatifs à la sécurité.

L'objet de la Partie 1 de la CEI 61558 est de fournir un ensemble d'exigences et d'essais qui sont considérés comme étant généralement applicables à la plupart des types de **transformateurs** et qui peuvent être appelés par la partie 2 appropriée de la CEI 61558. De ce fait, la Partie 1 n'est pas à considérer comme une spécification en elle-même, qui serait applicable à n'importe quel type de **transformateurs**. Ses dispositions s'appliquent seulement aux types particuliers de **transformateurs,** dans la mesure déterminée par la partie 2 appropriée. La Partie 1 de la CEI 61558 comporte également des essais individuels de série normatifs.

Chaque partie 2 conjointement avec la Partie 1 comprend toutes les exigences nécessaires pour le **transformateur** considéré et par conséquent ne fait pas référence à une autre partie 2. Pour les **transformateurs** ayant un indice IP00 et les **transformateurs associés**, il est possible d'avoir, dans la même construction, plusieurs circuits conformes à différentes parties 2 (par exemple, un circuit secondaire TBTS conforme à la Partie 2-6 et un circuit secondaire 230 V conforme à la Partie 2-4). Cependant, lorsque différentes parties 2 de la CEI 61558 s'appliquent à un **transformateur**, la partie 2 appropriée sera appliquée séparément à chaque fonction/application dans la mesure du possible. L'influence d'une fonction sur l'autre sera prise en compte le cas échéant.

Si une partie 2 appropriée pour un type particulier de **transformateurs** ou pour un groupe de **transformateurs** n'existe pas, la partie 2 applicable la plus proche peut être utilisée comme un guide pour les exigences et les essais.

Lorsque dans une des parties 2 il est fait référence à l'un des articles de la Partie 1 par la phrase «L'article de la Partie 1 est applicable», cette phrase signifie que toutes les exigences de cet article de la Partie 1 s'appliquent, à l'exception de celles qui sont clairement inapplicables pour le type particulier de **transformateurs** couvert par cette partie 2.

Le principe de la préparation des différentes parties 2 est le suivant:

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

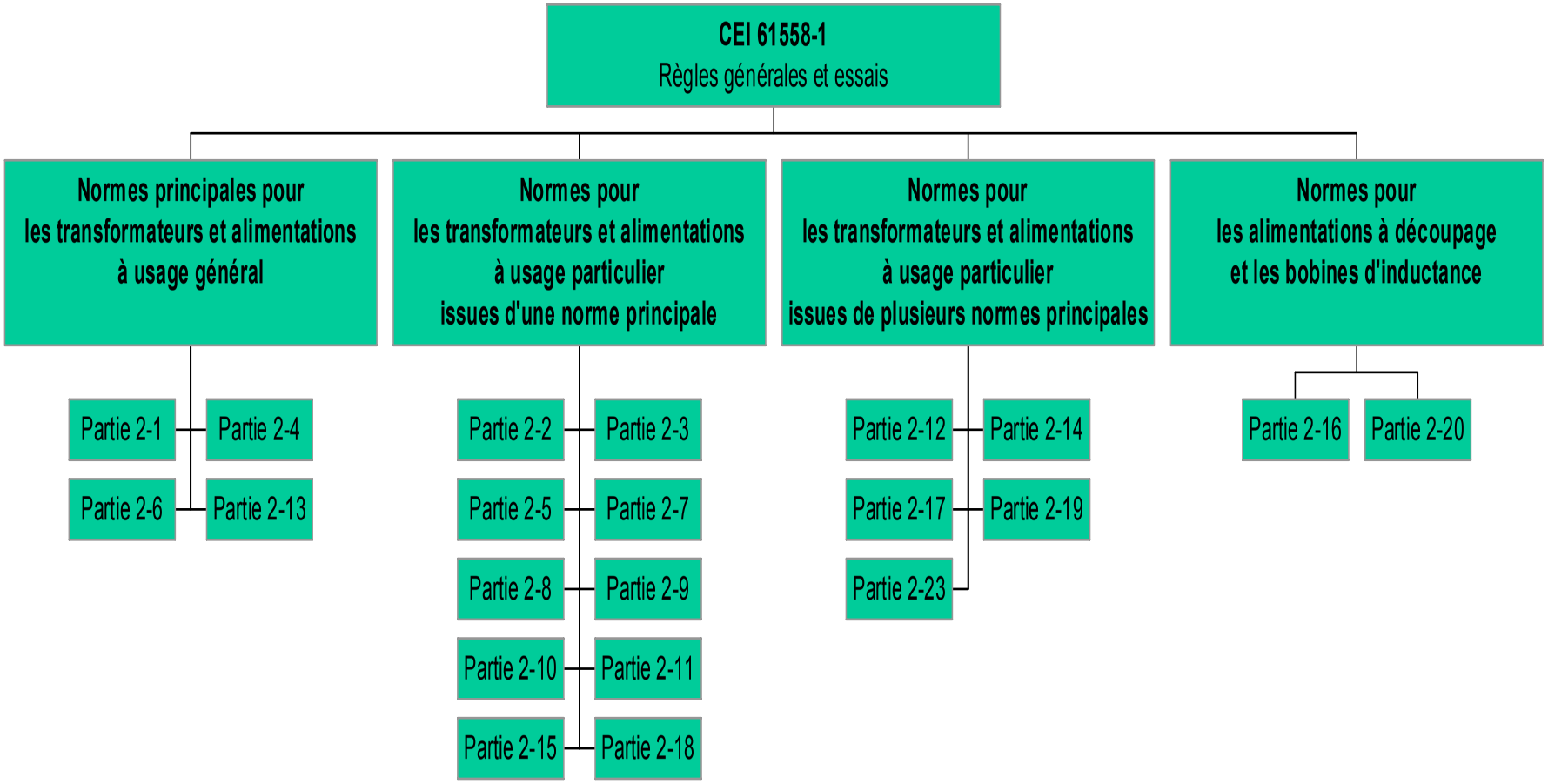


Figure 0 – Principe de la CEI 61558

.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Les articles de la présente norme (par exemple, les articles traitant de l'essai d'endurance thermique pour enroulements) s'appliquent aussi aux **transformateurs** faisant partie intégrante d'un appareil et ne pouvant pas être essayés séparément

En option, les caractéristiques thermiques des **transformateurs** peuvent être spécifiées par la température d'enroulement maximale en fonctionnement (symbole t_w) à ne pas dépasser pour assurer une durée de vie minimale comme spécifié dans l'Annexe U. En complément, pour les **transformateurs** qui sont soumis à des conditions anormales comme celles spécifiées dans l'Article 15, la température limite spécifiée ne doit pas être dépassée quand le **transformateur** est intégré dans un appareil ou utilisé comme **transformateur indépendant**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SÉCURITÉ DES TRANSFORMATEURS, ALIMENTATIONS, BOBINES D'INDUCTANCE ET PRODUITS ANALOGUES –

Partie 1: Exigences générales et essais

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale traite des aspects relatifs à la sécurité des **transformateurs, alimentations**, **bobines d'inductance**, et produits analogues, tels que la sécurité électrique, la sécurité thermique et la sécurité mécanique.

La présente norme couvre les **transformateurs secs** et les alimentations ci-dessous, incluant les **alimentations à découpage** et **bobines d'inductance**, dont les enroulements peuvent être enrobés ou non enrobés.

NOTE 1 La distinction entre **transformateurs**, **alimentations**, et **alimentations à découpage** s'établit de la manière suivante:

– pour les **transformateurs**, il n'y a pas de changement de la fréquence. Cependant, des **transformateurs** (par exemple, les **transformateurs** à tension constante) peuvent avoir des fréquences de résonance interne ne dépassant pas 30 kHz;

– pour les **alimentations**, la **fréquence de fonctionnement interne** et la forme d'onde sont différents de la fréquence et de la forme d'onde du réseau et la **fréquence de fonctionnement interne** n'excède pas 500 Hz (voir définition 3.1.19);

– pour les **alimentations à découpage**, la **fréquence de fonctionnement interne** et la forme d'onde sont différents de la fréquence et de la forme d'onde du primaire et la **fréquence de fonctionnement interne** est comprise entre 500 Hz et 100 MHz.

Voir la ou les parties 2 qui s'appliquent dans la liste fournie dans l'avant-propos de cette norme.

a) **Transformateurs de séparation des circuits** et **transformateurs de sécurité**, **associés** ou **indépendants**, **fixes** ou **mobiles**, à refroidissement par air (circulation naturelle ou forcée), monophasés ou polyphasés, ne constituant pas une partie du réseau de distribution et présentant les caractéristiques suivantes:

   – **tension primaire assignée** ne dépassant pas 1 000 V en courant alternatif;

   – **fréquence primaire assignée** ne dépassant pas 500 Hz;

   et respectant les limites suivantes sauf spécification contraire dans la partie 2 appropriée:

   - pour les **transformateurs de séparation des circuits**:

     – une **puissance assignée** pour les **transformateurs** monophasés n'excédant pas 25 kVA, et pour les **transformateurs** polyphasés n'excédant pas 40 kVA.

     – une **tension secondaire à vide** et une **tension secondaire assignée** excédant 50 V courant alternatif et n'excédant pas 500 V courant alternatif ou 1 000 V courant alternatif, conformément aux règles nationales d'installation ou pour des applications spéciales.

   - pour les **transformateurs de sécurité**:

     – une **puissance assignée** pour les **transformateurs** monophasés n'excédant pas 10 kVA, et pour les **transformateurs** polyphasés n'excédant pas 16 kVA.

     – une **tension secondaire à vide** et une **tension secondaire assignée** n'excédant pas 50 V courant alternatif entre conducteurs, ou entre n'importe quel conducteur et la terre de protection.

   NOTE 1 Les **transformateurs de séparation des circuits** et les **transformateurs de sécurité** sont utilisés lorsque la **double isolation** ou l'**isolation renforcée** sont requises par les règles d'installation ou par la spécification de l'appareil d'utilisation (par exemple: jouets, sonneries, **outils** portatifs, baladeuses).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) **Transformateurs à enroulements séparés**, **autotransformateurs**, **transformateurs** variables et petites **bobines d'inductance**, **associés** ou **indépendants**, à refroidissement par air (circulation naturelle ou forcée), **fixes** ou **mobiles**, monophasés ou polyphasés ne constituant pas une partie du réseau de distribution et présentant les caractéristiques suivantes:

– **tension primaire assignée** ne dépassant pas 1 000 V en courant alternatif

– **fréquence primaire assignée** ne dépassant pas 500 Hz;

et satisfaisant les limites suivantes sauf spécification contraire dans la partie 2 appropriée:

– une **tension secondaire à vide** ou une **tension secondaire assignée** pour les **transformateurs associés** ou **indépendants** n'excédant pas 15 kV courant alternatif et pour les **transformateurs indépendants** une **tension secondaire assignée** égale ou supérieure à 50 V courant alternatif

– une **puissance assignée** n'excédant pas les valeurs suivantes:

  – 1 kVA pour les **transformateurs** monophasés

  – 2 kVAR pour les **bobines d'inductance** monophasées

  – 5 kVA pour les **transformateurs** polyphasés

  – 10 kVAR pour les **bobines d'inductance** polyphasées

NOTE 2 Les **transformateurs à enroulements séparés** sont utilisés lorsque la **double isolation** ou l'**isolation renforcée** n'est pas exigée entre les circuits par les règles d'installation ou la spécification de l'appareil d'utilisation.

NOTE 3 Normalement, les **transformateurs** du type b) sont destinés à être associés à un équipement pour lui fournir des tensions différentes de la tension d'alimentation pour des raisons fonctionnelles. La protection contre les chocs électriques peut être obtenue ou complétée par d'autres particularités de l'équipement, telle que la **masse**. Des parties du **circuit secondaire** peuvent être connectées au **circuit primaire** ou à la terre de protection.

c) **Alimentations** et **alimentations à découpage associées** ou **indépendantes**, **fixes** ou **mobiles**, à refroidissement par air (circulation naturelle ou forcée), monophasées ou polyphasées, incorporant un ou plusieurs **transformateur(s)** de type a) ou b) ne constituant pas une partie du réseau de distribution et présentant les caractéristiques suivantes:

– **tension primaire assignée** ne dépassant pas 1 000 V en courant alternatif;

– **fréquence primaire assignée** ne dépassant pas 500 Hz;

– **fréquence de fonctionnement interne** pour les **alimentations** ne dépassant pas 500 Hz et pour les **alimentations à découpage** ne dépassant pas 100 MHz,

et satisfaisant aux limites suivantes sauf spécification contraire dans les parties 2 appropriées:

- pour les **alimentations** et pour les **alimentations à découpage** incorporant des **transformateurs de séparation des circuits**:

  – une **puissance assignée** pour les **alimentations** monophasées ou polyphasées et pour les **alimentations à découpage** n'excédant pas 1 kVA,

  – une **tension secondaire à vide** et une **tension secondaire assignée** excédant 50 V courant alternatif ou 120 V courant continu lissé, et n'excédant pas 500 V courant alternatif ou 708 V courant continu lissé, ou n'excédant pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 415 V en courant continu lissé conformément aux règles nationales d'installation ou pour des applications spéciales;

- pour les **alimentations** et pour les **alimentations à découpage** incorporant des **transformateurs de sécurité**:

  – une **puissance assignée** pour les **alimentations** monophasées ou polyphasées et pour les **alimentations à découpage** n'excédant pas 1 kVA,

  – une **tension secondaire à vide** et une **tension secondaire assignée** n'excédant pas 50 V courant alternatif ou 120 V courant continu lissé entre conducteurs, ou entre n'importe quel conducteur et la terre de protection

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 4 Les **alimentations** et les **alimentations à découpage** incorporant des **transformateurs de séparation des circuits**, ou des **transformateurs de sécurité** sont utilisées lorsqu'une **double isolation** ou une **isolation renforcée** entre les circuits est requise par les règles d'installation ou par la spécification de l'appareil d'utilisation (par exemple: jouets, sonneries, **outils** portatifs, baladeuses).

- pour les **alimentations** et pour les **alimentations à découpage** incorporant des **transformateurs à enroulements séparés,** des **autotransformateurs**, et des **transformateurs** variables:

  – une **puissance assignée** pour les **alimentations** monophasées ou polyphasées et pour les **alimentations à découpage** n'excédant pas 1 kVA,

  – une **tension secondaire à vide** et une **tension secondaire assignée** pour les **transformateurs associés** ou **indépendants** n'excédant pas 15 kV en courant alternatif et pour les **transformateurs indépendants** une **tension secondaire assignée** excédant 50 V en courant alternatif.

NOTE 5 Les **alimentations** et les **alimentations à découpage** incorporant un **transformateur à enroulements séparés** sont utilisées lorsque la **double isolation** ou l'**isolation renforcée** ne sont pas requises par les règles d'installation ou par la spécification de l'appareil.

d) Cette norme est également applicable aux **transformateurs** marqués t_w ayant une puissance assignée ne dépassant pas 1 000 VA et lorsque la température t_w ne dépasse pas 140 °C (t_w 140). Cependant, le marquage t_w est optionnel.

Cette norme s'applique également aux **transformateurs**, **alimentations, alimentations à découpage,** et **bobines d'inductance** incorporant des circuits électroniques.

Cette norme ne s'applique pas aux circuits externes et à leurs composants destinés à être connectés aux bornes d'entrée et de sortie ou aux socles de prise de courant des **transformateurs**, **alimentations, alimentations à découpage,** et **bobines d'inductance**.

NOTE 6 L'attention est attirée sur le fait que:

– pour les **transformateurs** prévus pour être utilisés dans des véhicules ou à bord de navires ou d'avions, des exigences complémentaires (provenant d'autres normes en vigueur, règlements nationaux, etc...) peuvent être nécessaires;

– il convient de prendre des mesures pour protéger les **enveloppes** et les composants qu'elles contiennent contre les influences du milieu extérieur comme la moisissure, la vermine, les termites, les radiations solaires, le givre;

– les différentes conditions de transport, stockage, et de fonctionnement du **transformateur** devraient également être prises en compte;

– des exigences supplémentaires, conformes à d'autres normes appropriées ou règles nationales, peuvent être applicables aux **transformateurs** destinés à des environnements particuliers, par exemple un environnement tropical.

NOTE 7 Il est possible que des évolutions technologiques futures des **transformateurs** nécessitent d'augmenter la limite supérieure de la fréquence**;** en attendant la présente norme peut être utilisée pour fournir des lignes directrices.

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 de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60065:2001, *Appareils audio, vidéo et appareils électroniques analogues – Exigences de sécurité*

CEI 60068-2-2:1974, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Deuxième partie: Essais – Essais B: Chaleur sèche*

CEI 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CEI 60068-2-32, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2: Essais – Essai Ed: Chute libre (procédure 1)*

CEI 60068-2-75, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*

CEI 60076-1, *Transformateurs de puissance – Partie 1: Généralités*

CEI 60083, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues normalisées par les pays membres de la CEI.*

CEI 60085:1984, *Evaluation et classification thermiques de l'ilsolation électrique*

CEI 60112:2003, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

CEI 60127-3, *Coupe-circuit miniatures – Troisième partie: Eléments de remplacement subminiatures*

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

CEI 60227 (toutes les parties), *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V*

CEI 60245, (toutes les parties), *Conducteurs et câbles isolés au caoutchouc – Tension assignée au plus égale à 450/750 V*

CEI 60269 (toutes les parties), *Fusibles basse tension*

CEI 60269-2, *Fusibles basse tension – Deuxième partie: Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées: (fusibles pour usages essentiellement industriels)*

CEI 60269-2-1, *Fusibles basse tension – Partie 2-1: Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées: (fusibles pour usages essentiellement industriels) – Sections I à VI: Exemples de types de fusibles normalisés*

CEI 60269-3, *Fusibles basse tension – Troisième partie: Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes non qualifiées: (fusibles pour usages essentiellement domestiques et analogues)*

CEI 60269-3-1, *Fusibles basse tension – Partie 3-1: Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes non qualifiées: (fusibles pour usages essentiellement domestiques et analogues) – Sections I à IV: Exemples de types de fusibles normalisés*

CEI 60309 (toutes les parties), *Prises de courant pour usages industriels*

CEI 60317 (toutes les parties), *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage*

CEI 60320 (toutes les parties), *Connecteurs pour usages domestiques et usages généraux analogues*

CEI 60320-2-3, *Connecteurs pour usages domestiques et usages généraux analogues – Partie 2-3: Connecteurs avec degré de protection supérieur à IPX0*

CEI 60384-14, *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques – Partie 14: Spécification intermédiaire: Condensateurs fixes d'antiparasitage et raccordement à l'alimentation*

CEI 60417-DB:2002[2]: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel*

_____

[2] « DB » se réfère à la base de données « on-line » de la CEI.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CEI 60449:1973, *Domaines de tensions des installations électriques des bâtiments*

CEI 60454 (toutes les parties), *Spécifications pour rubans adhésifs par pression à usages électriques*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60664-1:1992, *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 60691:2002, *Protecteurs thermiques – Prescriptions et guide d'application*

CEI 60695-2-10, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-10: Essais au fil incandescent/ chauffant – Appareillage et méthode commune d'essai*

CEI 60695-2-11:2000, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 2-11: Essais au fil incandescent/chauffant – Méthode d'essai d'inflammabilité pour produits finis*

CEI 60695-10-2, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 10-2: Chaleurs anormales – Essai à la bille*

CEI 60730 (toutes les parties), *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue*

CEI 60730-1:1999, *Dispositifs de commande électrique automatiques à usage domestique et analogue – Partie 1: Règles générales*

CEI 60851-3, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 3: Propriétés mécaniques*

CEI 60851-5, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 5: Propriétés électriques*

CEI 60851-6, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 6: Propriétés thermiques*

CEI 60884-1:2002, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues – Partie 1: Règles générales*

CEI 60884-2-4, *Prises de courant pour usages domestiques et analogues – Partie 2-4: Règles particulières pour prises de courant pour TBTS*

CEI 60898 (toutes les parties), *Petit appareillage électrique – Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues*[3)]

CEI 60906-1, *Système CEI de prises de courant pour usages domestiques et analogues – Première partie: Prises de courant 16 A 250 V courant alternatif*

CEI 60906-3, *Système CEI de prises de courant pour usages domestiques et analogues – Partie 3: Prises de courant pour TBTS, 16 A 6 V, 12 V, 24 V, 48 V courant alternatif et courant continu*

CEI 60947-7-1, *Appareillage à basse tension – Partie 7-1: Matériels accessoires – Blocs de jonction pour conducteurs en cuivre.*

CEI 60990:1990, *Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection*

---

3 La CEI 60898-2 est publiée sous le titre général de *Disjoncteurs pour la protection contre les surintensités pour installations domestiques et analogues* (le premier élément du titre, *Petit appareillage électrique,* n'est pas mentionné).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

CEI 60998-2-1, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 2-1: Règles particulières pour dispositifs de connexion en tant que parties séparées à organes de serrage à vis*

CEI 60998-2-2, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 2-2: Règles particulières pour dispositifs de connexion en tant que parties séparées avec organes de serrage sans vis*

CEI 60999-1, *Dispositifs de connexion – Conducteurs électriques en cuivre –. Prescriptions de sécurité pour organes de serrage à vis et sans vis – Partie 1: Prescriptions générales et particulières pour conducteurs de 0,5 mm^2 à 35 mm^2 (inclus)*

CEI 61032:1997, *Protection des personnes et des matériels par les enveloppes – Calibres d'essai pour la vérification*

CEI 61058-1:2000, *Interrupteurs pour appareils – Partie 1: Règles générales*

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

ISO 4046-4:2002, *Papier, carton, pâtes et termes connexes – Vocabulaire – Partie 4: Catégories et produits transformés de papier et de carton*

ISO 8820 (toutes les parties): *Véhicules routiers – Liaisons fusibles*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants sont applicables.

Les définitions de **transformateurs** destinés à un usage particulier sont fournies dans les parties 2 correspondantes.

Lorsque le terme **transformateur** est utilisé, il couvre les **transformateurs**, les **bobines d'inductance** et les **alimentations,** suivant le cas.

Sauf spécification contraire, les termes *tension* et *courant* indiquent les valeurs efficaces des tensions et courants alternatifs et, pour les tensions et courants continus, ils indiquent les valeurs moyennes arithmétiques correspondantes.

"Lissé" signifie, par convention, la valeur efficace d'une tension d'ondulation, inférieure ou égale à 10 % de la composante en courant continu.

Un index des termes et définitions souvent utilisés est fourni à la fin du document.

3.1 Transformateurs

3.1.1
transformateur (de puissance)
appareil statique à induction électromagnétique, à deux enroulements ou plus, destiné à transformer un système de tension(s) et courant(s) alternatifs en un autre système de tension(s) et courant(s) alternatifs, de valeurs généralement différentes et de même fréquence, en vue de transférer une puissance électrique

[VEI 421-01-01]

NOTE Le terme fréquence implique également que la forme de l'onde reste la même.

3.1.2
transformateur de séparation des circuits
transformateur avec une **séparation de protection** entre les **enroulements primaires** et **secondaires**

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.1.3
transformateur de sécurité
transformateur de séparation des circuits destiné à alimenter des circuits **TBTS** (très basse tension de sécurité) et **TBTP** (très basse tension de protection)

3.1.4
transformateur à enroulements séparés
transformateur avec le ou les **enroulements primaires** séparés du ou des **enroulements secondaires** par au moins une **isolation principale**

3.1.5
Vacant

3.1.6
transformateur associé
transformateur conçu pour alimenter un appareil ou un équipement spécifique ou des parties de celui-ci, et qui est soit un **transformateur incorporé**, soit un **transformateur pour usage spécifique**

3.1.6.1
transformateur incorporé
transformateur associé conçu pour être intégré dans un appareil ou un équipement spécifique ou dans une partie de celui-ci, et dont l'**enveloppe** procure une protection contre les chocs électriques

3.1.6.2
transformateur pour usage spécifique
transformateur associé fixé sur ou fourni avec l'appareil ou l'équipement sans être incorporé à cet appareil ou à cet équipement et dont la propre **enveloppe** procure une protection contre les chocs électriques

3.1.7
transformateur indépendant
transformateur conçu pour alimenter un appareil indéterminé et destiné à être utilisé sans **enveloppe** additionnelle procurant une protection contre les chocs électriques

NOTE Un tel **transformateur** peut être soit un **transformateur fixe** soit un **transformateur mobile**.

3.1.8
vacant

3.1.9
transformateur résistant aux courts-circuits
transformateur ne dépassant pas les limites de température spécifiées lorsqu'il est surchargé ou mis en court-circuit, et qui continue à satisfaire à toutes les exigences de la présente norme après disparition de la surcharge ou du court-circuit, et qui n'est pas prévu pour fonctionner continuellement en surcharge ou en court-circuit

NOTE «Continue à satisfaire à toutes les exigences de la présente norme» n'implique pas que tous les types de **transformateurs résistants aux courts-circuits** continuent à fonctionner.

3.1.9.1
transformateur résistant aux courts-circuits par dispositif incorporé
transformateur résistant aux courts-circuits qui comporte un dispositif de protection ou une **partie affaiblie intentionnellement**, qui ouvre le **circuit d'entrée** ou le **circuit de sortie** ou réduit le courant du **circuit d'entrée** ou du **circuit de sortie** lorsque le **transformateur** est en surcharge ou en court-circuit, et qui continue à satisfaire à toutes les exigences de la présente norme après suppression de la surcharge ou du court-circuit

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.1.9.1.1
transformateur résistant aux courts-circuits par dispositif incorporé avec dispositif de protection réarmable, à réarmement automatique ou remplaçable
transformateur résistant aux courts-circuits qui comporte un dispositif de protection qui continue à fonctionner après réarmement ou remplacement

NOTE 1 Comme exemples de dispositifs de protection réarmable, à réarmement automatique ou remplaçable, on peut citer les fusibles, **relais à maximum de courant**, fusibles thermiques ou rubans thermiques, **coupe-circuits thermiques**, résistances CTP ou dispositifs mécaniques à coupure automatique.

3.1.9.1.2
transformateur résistant aux courts-circuits par dispositif incorporé avec dispositif de protection non réarmable ou non remplaçable
transformateur résistant aux courts-circuits qui comporte un dispositif de protection non réarmable ou non remplaçable ou une **partie affaiblie intentionnellement** non remplaçable qui continue à satisfaire à toutes les exigences de la présente norme après suppression de la surcharge ou du court-circuit mais qui ne continue pas à fonctionner après suppression de la surcharge ou du court-circuit

3.1.9.2
transformateur résistant aux courts-circuits par construction
transformateur résistant aux courts-circuits, sans dispositif de protection en cas de surcharge ou de court-circuit. Le **transformateur**, par construction, ne dépasse pas les limites de température spécifiées en cas de surcharge ou de court-circuit, et il continue à fonctionner et à satisfaire à toutes les exigences de la présente norme, après suppression de la surcharge ou du court-circuit

3.1.10
transformateur non résistant aux courts-circuits
transformateur prévu pour être protégé contre une température excessive au moyen d'un dispositif de protection non fourni avec le **transformateur** et qui continue à satisfaire à toutes les exigences de cette norme après suppression de la surcharge ou du court-circuit et, si applicable, après réarmement ou remplacement du dispositif de protection

3.1.11
transformateur non dangereux en cas de défaillance
transformateur doté d'un dispositif de protection ou d'une **partie affaiblie intentionnellement** qui ne remplit plus sa fonction de façon permanente suite à l'interruption du **circuit primaire** lorsque le **transformateur** est surchargé ou court-circuité, mais qui ne présente aucun danger pour l'usager ou l'environnement. Il continue à satisfaire à toutes les exigences de la présente norme après suppression de la surcharge ou du court-circuit

NOTE «Continue à satisfaire à toutes les exigences de la présente norme» n'implique pas que le **transformateur non dangereux en cas de défaillance** continue à fonctionner. Après l'interruption il satisfait à l'essai de rigidité diélectrique réalisé à 35 % des valeurs d'origine (voir 15.5).

3.1.12
transformateur mobile
transformateur qui est déplacé pendant son fonctionnement, ou **transformateur** qui peut être facilement déplacé lorsqu'il est relié au circuit d'alimentation, ou **transformateur** avec fiche incorporée

3.1.13
transformateur pour pose encastrée
transformateur destiné à être monté dans une boîte d'encastrement

3.1.14
transformateur installé à poste fixe
transformateur destiné à être utilisé attaché à un support dans une position qui peut être spécifiée par le constructeur

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.1.15
transformateur fixe
transformateur installé à poste fixe, ou **transformateur** ayant une masse supérieure à 18 kg et fourni sans poignée(s)

3.1.16
transformateur portatif (à main)
transformateur mobile prévu pour être tenu à la main en usage normal

3.1.17
vacant

3.1.18
transformateur sec
transformateur dont le diélectrique est non liquide et dont les enroulements peuvent être imprégnés ou enrobés

3.1.19
alimentation
dispositif incorporant un ou plusieurs **transformateurs** et un ou plusieurs circuits électroniques qui convertit le signal de l'alimentation en une ou plusieurs sorties; il peut aussi servir à isoler le **circuit primaire** du **circuit secondaire**, réguler et/ou convertir la tension ou le courant secondaire. Le dispositif peut être constitué d'une ou plusieurs unités séparées, ayant des formes d'onde, des fréquences, y compris la sortie en courant continu, identiques ou différentes, la **fréquence de fonctionnement interne** et la forme d'onde étant différentes de la fréquence d'alimentation, et la **fréquence de fonctionnement interne** n'excédant pas 500 Hz

3.1.20
alimentation à découpage
dispositif incorporant un ou plusieurs **transformateurs** et un ou plusieurs circuits électroniques qui convertit le signal de l'alimentation en une ou plusieurs sorties. Il peut aussi servir à isoler le **circuit primaire** du **circuit secondaire**, réguler et/ou convertir la tension ou le courant secondaire. Le dispositif peut être constitué d'une ou plusieurs unités ayant des formes d'onde et des fréquences, y compris la sortie en courant continu, identiques ou différentes , la **fréquence de fonctionnement interne** et la forme d'onde étant différentes des fréquences et forme d'onde de l'alimentation, et la **fréquence de fonctionnement interne** excédant 500 Hz mais n'excédant pas 100 MHz

3.1.21
bobine d'inductance
dispositif comprenant un ou plusieurs enroulements ayant une impédance variant en fonction de la fréquence, fonctionnant suivant le principe d'auto-induction selon lequel un courant magnétisant génère un champ magnétique à travers un noyau de bonne perméabilité magnétique ou dans l'air

NOTE Les **bobines d'inductance** avec noyau toroïdal sont aussi incluses dans cette définition

3.2 Termes généraux

3.2.1
câble souple externe
câble souple, destiné à la connexion externe au **circuit primaire** ou **secondaire**, fixé ou monté sur le **transformateur** selon l'une des méthodes de fixation suivantes:

– **fixation du type X**

  méthode de fixation permettant un remplacement facile du câble ou du cordon, qu'il s'agisse d'un câble ou cordon ordinaire ou d'un câble ou cordon spécialement préparé;

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

– **fixation du type Y**

méthode de fixation destinée à être remplacée seulement par le constructeur, son représentant ou une personne qualifiée similaire;

NOTE Une **fixation du type Y** peut être utilisée soit avec des câbles ou cordons souples ordinaires, soit avec des câbles ou cordons spéciaux.

– **fixation du type Z**

méthode de fixation qui ne permet pas de remplacer le câble souple ou le cordon sans briser ou détruire une partie du **transformateur**.

3.2.2
câble d'alimentation
câble souple externe, utilisé pour le raccordement à l'alimentation du circuit primaire

NOTE Les **câbles d'alimentation** sont:

– soit fixés au ou assemblés sur le **transformateur** par des **fixations** de type **X**, **Y** ou **Z**;

– soit raccordés au **transformateur** par un connecteur.

3.2.3
fils de connexion
fils connectant la fin d'un enroulement à la borne du **transformateur**

NOTE Les **fils de connexion** sont considérés comme des câblages internes.

3.2.4
masse
parties conductrices accessibles, axes, poignées, boutons, manettes et organes analogues, vis de fixation métalliques accessibles et feuille métallique appliquée sur les surfaces accessibles en matière isolante

3.2.5
partie accessible
partie qui peut être touchée avec le doigt d'essai normalisé après installation correcte du **transformateur**

3.2.6
partie amovible
partie qui peut être enlevée sans l'aide d'un **outil**

3.2.7
partie non détachable
partie qui ne peut être enlevée qu'avec l'aide d'un **outil**

3.2.8
outil
tournevis, pièce de monnaie ou tout autre objet pouvant être employé pour manœuvrer une vis ou un dispositif de fixation similaire

3.2.9
enveloppe
élément assurant la protection du **transformateur** contre certaines influences externes et, dans toutes les directions, contre les contacts directs

[VEI 826-03-12:1982].

NOTE Les exemples d'influences externes sont les chocs mécaniques, la corrosion, les moisissures, les vermines, les radiations solaires, le gel et l'humidité.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.2.10
partie conductrice intermédiaire
partie conductrice non accessible située entre des **parties actives dangereuses** ou entre la **masse** et une autre partie active dangereuse

3.2.11
partie conductrice
partie métallique ou non métallique ayant un degré de conductivité équivalent à celui des parties métalliques

3.2.12
composant électronique
partie dans laquelle la conduction est réalisée principalement par des électrons se déplaçant dans le vide, un gaz ou un semi-conducteur

NOTE Les indicateurs à néon ne sont pas considérés comme des **composants électroniques**.

3.2.13
circuit électronique
circuit comprenant au moins un **composant électronique**

3.2.14
vacant

3.2.15
séparation électrique
séparation entre des **parties conductrices** réalisée au moyen d'air et/ou d'une isolation solide

3.3 Manœuvres et protections

3.3.1
coupure omnipolaire des pôles
déconnexion de tous les conducteurs d'alimentation par une seule manœuvre

NOTE 1 Un **conducteur de terre de protection** n'est pas considéré comme un conducteur d'alimentation.

NOTE 2 Le conducteur neutre est considéré comme un conducteur d'alimentation.

NOTE 3 Les règles d'installation nationales peuvent ou non exiger la déconnexion du conducteur neutre.

3.3.2
coupe-circuit thermique
dispositif sensible à la température qui limite, en fonctionnement anormal, la température d'un **transformateur** ou de parties de celui-ci, par l'ouverture automatique du circuit ou par la réduction du courant, et qui est construit de façon que son réglage ne puisse pas être modifié par l'usager

3.3.3
coupe-circuit thermique à réenclenchement automatique
coupe-circuit thermique qui rétablit automatiquement le courant lorsque la partie correspondante du **transformateur** s'est suffisamment refroidie ou que la charge a disparu

3.3.4
coupe-circuit thermique sans réenclenchement automatique
coupe-circuit thermique qui nécessite une manœuvre à la main ou le remplacement d'un élément pour rétablir le courant

3.3.5
protecteur thermique
coupe-circuit thermique qui fonctionne une fois seulement

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.3.6
relais à maximum de courant
interrupteur fonctionnant selon le courant et protégeant un circuit contre les surcharges par déclenchement, lorsque le courant dans ce circuit atteint une valeur prédéterminée et qui reste en position ouverte

3.3.7
partie affaiblie intentionnellement
partie autre qu'un dispositif de protection contre les surcharges (fusibles, disjoncteur, coupe-circuits thermiques,...) destinée à se rompre dans des conditions anormales de fonctionnement afin d'éviter l'apparition d'une dégradation du fonctionnement non conforme avec la présente norme; il peut s'agir soit d'un composant remplaçable comme une résistance ou un condensateur ou une partie non remplaçable d'un composant tel qu'un point faible non accessible présent dans un enroulement

3.3.8
tension locale
valeur efficace la plus élevée d'une tension alternative ou continue qui peut se produire (localement) à travers n'importe quel système d'isolation à la **tension assignée d'alimentation**, l'angle de phase et les surtensions transitoires n'étant pas pris en compte, sans charge ou dans les conditions normales de fonctionnement

NOTE 1 Lorsque l'on considère un système d'isolation entre enroulements non destinés à être connectés ensemble, la **tension locale** est considérée comme étant la tension la plus élevée apparaissant sur n'importe lequel de ces enroulements.

NOTE 2 Sur les systèmes triphasés la **tension locale** peut être différente de la tension nominale.

3.3.9
tension de court-circuit
tension qu'il faut appliquer à l'**enroulement primaire**, lorsque les enroulements sont à la température ambiante, pour que l'**enroulement secondaire**, mis en court-circuit, soit parcouru par un courant égal au **courant secondaire assigné**.

NOTE La **tension de court-circuit** est généralement exprimée en pourcentage de la **tension primaire assignée**.

3.3.10
type de service
service continu ou périodique consistant en une ou plusieurs séries de charges qui restent constantes pendant les durées spécifiées

3.3.10.1
service permanent
fonctionnement pendant une durée illimitée

3.3.10.2
service temporaire
fonctionnement pendant une période définie, à partir d'un état froid, les intervalles entre chaque période de fonctionnement étant suffisants pour permettre au **transformateur** de refroidir jusqu'à une température voisine de la température ambiante

3.3.10.3
service intermittent
fonctionnement suivant une série de cycles identiques spécifiés

3.3.11
conducteur de terre de protection
PE
conducteur prévu à des fins de sécurité, par exemple protection contre les chocs électriques

[VEI 195-02-09]

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.4 Circuits et enroulements

3.4.1
circuit primaire
circuit destiné à être raccordé à l'alimentation et constitué de l'**enroulement primaire** et des **circuits internes** s'y rattachant

3.4.2
circuit secondaire
circuit auquel le circuit d'utilisation, un appareil, ou un autre équipement, sont destinés à être raccordés, et qui est constitué de l'**enroulement secondaire** et des **circuits internes** s'y rattachant

3.4.3
enroulement primaire
enroulement du **circuit primaire**

3.4.4
enroulement secondaire
enroulement du **circuit secondaire**

3.4.5
circuit interne
circuit constitué de composants, d'interconnexions et de connexions aux bornes des enroulements, à l'exception du circuit de terre de protection

3.4.6
fil de bobinage isolé
fil dont l'isolation satisfait aux exigences de l'Annexe K, et qui est utilisé pour le bobinage

3.5 Valeurs assignées

3.5.1
tension primaire assignée
tension d'alimentation (dans le cas de courant polyphasé, la tension entre phases) attribuée au **transformateur** par le constructeur pour les conditions spécifiées de fonctionnement du **transformateur**

3.5.2
plage de tensions primaires assignées
plage de tensions primaires attribuée au **transformateur** par le constructeur et exprimée par ses limites inférieure et supérieure

3.5.3
fréquence assignée
fréquence attribuée au **transformateur** par le constructeur pour les conditions spécifiées de fonctionnement du **transformateur**

3.5.3.1
fréquence d'alimentation assignée
fréquence au primaire du **transformateur** assignée par le fabricant

NOTE La fréquence d'alimentation est la tension du réseau.

3.5.3.2
fréquence de fonctionnement interne
fréquence interne la plus élevée assignée par le fabricant comme la fréquence de fonctionnement du **transformateur** ou d'autres composants d'une **alimentation**

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.5.4
courant secondaire assigné
courant secondaire sous la **tension primaire assignée,** à la **fréquence d'alimentation assignée**, et à la **tension secondaire assignée**, attribué au **transformateur** par le constructeur pour les conditions de fonctionnement spécifiées du **transformateur**

3.5.5
tension secondaire assignée
tension secondaire (dans le cas de courants polyphasés, la tension entre phases) sous la **tension primaire assignée**, à la **fréquence assignée**, au **courant secondaire assigné**, sous un **facteur de puissance assigné**, attribuée au **transformateur** par le constructeur pour les conditions de fonctionnement spécifiées du **transformateur**

3.5.6
facteur de puissance assigné
facteur de puissance attribué par le constructeur au **transformateur** pour les conditions de fonctionnement spécifiées du **transformateur**

3.5.7
puissance assignée
produit de la **tension secondaire assignée** par le **courant secondaire assigné** ou, pour les **transformateurs** triphasés, $\sqrt{3}$ fois le produit de la **tension secondaire assignée** par le **courant secondaire assigné**. Si le **transformateur** a plus d'un **enroulement secondaire** ou est à prises multiples, la **puissance assignée** est la somme des produits de la **tension secondaire assignée** par le **courant secondaire assigné** pour les circuits prévus pour être chargés simultanément

3.5.8
température ambiante assignée
t_a
température maximale à laquelle le **transformateur** peut fonctionner de façon continue dans les conditions normales d'utilisation

NOTE La valeur de la **température ambiante assignée** (t_a) n'exclut pas le fonctionnement temporaire du **transformateur** à une température n'excédant pas (t_a + 10) °C.

3.5.9
température ambiante minimale assignée
t_{amin}
température minimale à laquelle le **transformateur** peut fonctionner en permanence dans les conditions normales d'utilisation

3.5.10
t_w,
température en fonctionnement assignée maximale de l'enroulement d'un **transformateur**, la température d'enroulement attribuée par le fabricant étant la température la plus élevée à laquelle le **transformateur** peut prétendre à une durée de vie en service spécifiée pendant un **service permanent**

3.6 Valeurs à vide

3.6.1
puissance à vide
puissance absorbée par le **transformateur** lorsqu'il est alimenté sous la **tension d'alimentation assignée** à la **fréquence d'alimentation assignée**, le **transformateur** fonctionnant à vide

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.6.2
tension secondaire à vide
tension secondaire obtenue lorsque le **transformateur** est alimenté à la **tension d'alimentation assignée**, à la **fréquence d'alimentation assignée**, le **transformateur** fonctionnant à vide

3.7 Isolation

3.7.1
isolation principale
isolation des **parties actives dangereuses**, destinée à assurer la protection principale contre les chocs électriques

NOTE L'**isolation principale** ne s'étend pas nécessairement à l'isolation exclusivement utilisée à des fins fonctionnelles par exemple fils émaillés.

[CEI 61140,définition 3.10.1, modifiée]

3.7.2
isolation supplémentaire
isolation indépendante prévue en plus de l'**isolation principale** en vue d'assurer la protection contre les chocs électriques en cas de défaut de l'**isolation principale**

[CEI 61140,définition 3.10.2, modifiée]

3.7.3
double isolation
isolation comprenant à la fois une **isolation principale** et une **isolation supplémentaire**

[CEI 61140,définition 3.10.3, modifiée]

3.7.4
isolation renforcée
système d'isolation unique des **parties actives dangereuses** assurant un degré de protection contre les chocs électriques équivalent à une **double isolation**

NOTE L'expression «système d'isolation» ne sous-entend pas que l'isolation se compose d'une pièce homogène. Le système peut comporter plusieurs couches qui ne peuvent pas être essayées séparément comme **isolation supplémentaire** ou **principale**.

[CEI 61140,définition 3.10.4, modifiée]

3.7.5
transformateur de classe I
transformateur dans lequel la protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur l'**isolation principale**, mais qui comporte une mesure de sécurité supplémentaire sous forme de moyen de raccordement, tel qu'une borne de terre, des **parties conductrices** accessibles à un **conducteur de terre de protection** mis à la terre, faisant partie du câblage fixe de l'installation, d'une manière telle que des **parties conductrices** accessibles ne puissent devenir dangereuses en cas de défaut de l'**isolation principale**

NOTE Les **transformateurs de classe I** peuvent avoir des parties à **double isolation** ou à **isolation renforcée**.

3.7.6
transformateur de classe II
transformateur dans lequel la protection contre les chocs électriques ne repose pas uniquement sur l'**isolation principale**, mais qui comporte des mesures supplémentaires de sécurité telles qu'une **double isolation** ou une **isolation renforcée**. Ces mesures ne comportent pas de moyens de mise à la terre de protection et ne dépendent pas des conditions d'installation

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 1 Un **transformateur de classe II** peut être muni de moyens pour assurer la continuité des circuits de terre de protection à condition que ces moyens fassent partie intégrante du **transformateur** et soient isolés des surfaces accessibles conformément aux exigences de la **classe II.**

NOTE 2 Dans certains cas, il peut être nécessaire de faire la distinction entre les **transformateurs de classe II** «totalement isolés» et «sous enveloppe métallique».

NOTE 3 Un **transformateur** ayant une **enveloppe** durable et pratiquement continue en matière isolante enfermant toutes les **parties conductrices**, à l'exception de petites pièces conductrices, telles que des plaques signalétiques, vis et rivets, qui sont séparées de **parties actives dangereuses** par une isolation au moins équivalente à l'**isolation renforcée**, est appelé **transformateur de classe II** totalement isolé.

NOTE 4 Un **transformateur** ayant une **enveloppe** métallique pratiquement continue dans laquelle la **double isolation** est partout utilisée, à l'exception des parties où l'on utilise une **isolation renforcée**, parce qu'une **double isolation** est manifestement irréalisable, est appelé **transformateur de classe II** sous enveloppe métallique.

NOTE 5 Si un **transformateur** ayant en toutes ses parties une **double isolation** et/ou une **isolation renforcée** comporte une borne de terre de protection, il est considéré comme étant de la **classe I**.

NOTE 6 Un **transformateur de classe II** peut être muni d'un circuit de terre fonctionnel.

3.7.7
transformateur de classe III
transformateur dans lequel la protection contre les chocs électriques repose sur une alimentation sous très basse tension de sécurité (**TBTS**) et dans lequel ne sont pas engendrées des tensions supérieures à la **TBTS**

NOTE La classification en classes I, II, III ne se rapporte pas au système d'isolation entre les **enroulements primaires** et les **enroulements secondaires**.

3.7.8
distance d'isolement
distance la plus courte dans l'air entre deux **parties conductrices**

[CEI 60664-1,définition 1.3.2]

NOTE Dans le but de déterminer une **distance d'isolement** entre **parties accessibles**, la surface accessible d'une **enveloppe** isolante est considérée comme conductrice, comme si elle était recouverte par une feuille métallique, partout où elle peut être accessible au doigt d'épreuve normalisé (voir Figure 2).

3.7.9
ligne de fuite
distance la plus courte (dans l'air) le long de la surface d'une matière isolante entre deux **parties conductrices**

[CEI 60664-1,définition 1.3.3, modifiée]

NOTE Dans le but de déterminer une **ligne de fuite** entre les **parties conductrices** et les **parties accessibles**, la surface accessible d'une **enveloppe** isolante est considérée comme conductrice, comme si elle était recouverte par une feuille métallique partout où elle peut être accessible au doigt d'épreuve normalisé (voir Figure 2).

3.7.10
pollution
tout apport de matériau étranger solide, liquide ou gazeux (gaz ionisés) qui peut entraîner une réduction de la tenue diélectrique ou de la résistivité de surface de l'isolation

[CEI 60664-1,définition 1.3.11]

3.7.11
micro-environnement
ensemble des conditions ambiantes à proximité immédiate des **distances d'isolement** ou des **lignes de fuite**

[CEI 60664-1,définition 1.3.12.2, modifiée]

NOTE Le **micro-environnement** des **lignes de fuite** et des **distances d'isolement**, et non l'environnement du matériel, détermine l'effet sur l'isolement. Le **micro-environnement** peut être meilleur ou pire que l'environnement du matériel. Il comprend tous les facteurs influençant l'isolement, tels que les conditions climatiques, les influences électromagnétiques, la génération de **pollution**, etc.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.7.12
degrés de pollution
degrés de **pollution** au niveau des **micro-environnements,** établis dans le but d'évaluer les **lignes de fuite** et **distances d'isolement**

3.7.12.1
degré de pollution 1
P1
degré de pollution caractérisé par l'absence de **pollution** ou la seule présence d'une **pollution** sèche non conductrice. La **pollution** n'a pas d'influence

3.7.12.2
degré de pollution 2
P2
degré de pollution caractérisé par la seule présence d'une **pollution** non conductrice. On doit cependant s'attendre de temps en temps à une conductivité temporaire provoquée par la condensation

NOTE Les **transformateurs** ayant une **enveloppe** raisonnablement étanche sont considérés comme ayant le **degré de pollution 2** (P2), un scellement hermétique n'étant pas requis.

3.7.12.3
degré de pollution 3
P3
degré de pollution caractérisé par la présence d'une **pollution** conductrice ou d'une **pollution** sèche non conductrice, qui devient conductrice par suite de la condensation attendue

3.7.13
séparation de protection
séparation entre circuits réalisée au moyen d'une protection principale et d'une protection supplémentaire (**isolation principale** plus **isolation supplémentaire** ou **écran de protection**) ou par un dispositif de protection équivalent (par exemple **isolation renforcée**) (basée sur la définition 3.24 de la CEI 61140)

3.7.14
écran de protection
séparation des **parties actives dangereuses** au moyen d'un écran conducteur interposé, relié aux dispositifs de connexion des conducteurs de terre de protection extérieurs (basée sur la définition 3.22 de la CEI 61140)

3.7.15
TBT (**très basse tension**)
tension n'excédant pas 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé entre conducteurs ou entre un conducteur quel qu'il soit et la terre (bande de tension 1 voir CEI 60449)

3.7.16
TBTS (**très basse tension de sécurité**)
TBT dans un circuit dont la séparation du réseau d'alimentation est assurée par des moyens tels qu'un **transformateur de sécurité**

NOTE 1 Une tension maximale inférieure à 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé peut être spécifiée dans des règles particulières, plus spécialement lorsque le contact direct avec des **parties actives** est autorisé.

NOTE 2 La valeur crête maximale ne dépasse pas 140 V pour une tension nominale de 120 V d'un système en courant continu lissé et 70 V pour une tension nominale de 60 V d'un système en courant continu lissé.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.7.17
circuit TBTS
circuit **TBT** comportant une **séparation de protection** par rapport aux autres circuits et qui ne comporte pas de dispositions prévoyant le raccordement à la terre du circuit ou des **parties conductrices**

3.7.18
circuit TBTP (très basse tension de protection)
circuit **TBT** comportant une **séparation de protection** par rapport aux autres circuits, qui peut être raccordé à la terre et/ou dont les **parties conductrices** exposées peuvent être raccordées à la terre, pour des raisons fonctionnelles

NOTE Les circuits **TBTP** sont utilisés lorsque les circuits sont connectés à la terre et que la **TBTS** n'est pas exigée.

3.7.19
circuit TBTF (très basse tension de fonctionnement)
circuit **TBT** ayant une très basse tension pour des raisons fonctionnelles mais qui ne répond pas aux exigences qui s'appliquent à la **TBTS** ou la **TBTP**

3.7.20
partie active
conducteur ou **partie conductrice** destiné à être sous tension en service normal, y compris le conducteur de neutre, mais par convention, excepté le conducteur PEN, le conducteur PEM ou le conducteur PEL

[VEI 195-02-19]

NOTE 1 Cette notion n'implique pas nécessairement un risque de choc électrique.

NOTE 2 Pour les définitions de PEM et PEL, voir les définitions VEI 195-02-13 et 195-02-14

3.7.21
partie active dangereuse
partie active qui peut provoquer, dans certaines conditions, un choc électrique nuisible (voir 3.5 de la CEI 61140)

[VEI 195-06-05]

NOTE En cas de haute tension, il peut y avoir une tension dangereuse sur la surface de l'isolation solide. Dans ce cas, la surface est considérée comme **partie active dangereuse**.

[CEI 61140, définition 3.5].

3.7.22
isolation fonctionnelle
isolation entre parties à différents potentiels qui est en général uniquement nécessaire au bon fonctionnement du **transformateur**

NOTE 1 Pour les **transformateurs**, le bon fonctionnement peut avoir une influence sur la sécurité. L'**isolation fonctionnelle** est vérifiée par les exigences de la présente norme mais des exigences supplémentaires peuvent exister dans les parties 2.

NOTE 2 L'**isolation fonctionnelle** n'est applicable qu'à l'intérieur des enroulements entre les tours d'un même enroulement.

3.8 Courant de contact et courant dans le conducteur de terre de protection

3.8.1
courant de contact
courant électrique passant dans le corps humain ou dans le corps d'un animal lorsque ce corps est en contact avec une ou plusieurs parties accessibles d'une installation ou d'un équipement

(VEI 195-05-21)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

3.8.2
courant dans le conducteur de terre de protection
courant électrique qui circule dans un conducteur de terre de protection

NOTE Ce courant peut avoir une influence sur le fonctionnement des dispositifs de protection contre les courants résiduels (RCD) connectés dans le même circuit.

4 Exigences générales

4.1 Les **transformateurs** doivent être conçus et construits de façon que, lorsqu'ils sont utilisés, installés et entretenus conformément aux instructions du fabricant, et même dans l'éventualité d'une utilisation sans précautions susceptible d'advenir en service normal, ils ne peuvent présenter pour l'usager ou pour l'environnement un danger qui n'a pas pu être raisonnablement prévu.

La vérification consiste en général à effectuer la totalité des essais applicables.

4.2 Lorsque de*s* ***transformateurs associés*** *sont utilisés dans un appareil ou équipement couvert par une norme spécifique à ce produit, ils peuvent être essayés dans les mêmes conditions que celles de l'appareil ou l'équipement pour lequel ils ont été conçus.*

Si un ***transformateur*** *est essayé dans les conditions présentes dans l'appareil ou l'équipement pour lequel il est conçu, il doit satisfaire seulement aux articles et paragraphes suivants de la présente norme:*

*1 – 2 – 3 – 4 –5.1 – 5.2 – 5.3 – 5.4 – 5.5 – 5.6 – 5.7 – 5.12 – 7.1 – 7.2 – 7.5 – 7.6 – 8.2 – 8.11 – 14.1 – excepté en ce qui concerne les exigences du Tableau 1 commençant à partir du premier «****enveloppes*** *extérieures...» 14.2 – 14.3 – 15.1, limité à la première case du Tableau 3 – 18.1 – 18.2 – 18.3, excepté les points 3 et 4 du Tableau 8a – 18.4 –19.1 – 19.12 – 20.9 – 26.1 – 26.2 – 26.3 – Annexes A, C, D, G, L, M, N, P.*

Les autres articles doivent être couverts par la norme de produits correspondante. Si la norme de produits ne couvre pas complètement les articles restants, l'article de cette norme applicable aux ***transformateurs*** *qui correspond à l'article manquant doit être utilisé.*

5 Généralités sur les essais

5.1 Les essais mentionnés dans la présente norme sont:

– des essais de type (définis dans les articles et paragraphes 8.15, et 9 à 28);
– des essais individuels de série (définis en Annexe L).

Chaque échantillon de ***transformateur*** *doit satisfaire à tous les essais correspondants. Dans le but de réduire le temps d'essai et de permettre des essais qui peuvent être destructifs, le constructeur peut soumettre des* ***transformateurs*** *ou des parties de* ***transformateurs*** *supplémentaires, à la condition qu'ils soient réalisés dans les mêmes matériaux et selon la même conception que le* ***transformateur*** *original, et que les résultats des essais soient les mêmes que s'ils avaient été effectués sur un* ***transformateur*** *identique à ce dernier. Lorsque l'essai de conformité est indiqué comme étant «par examen», cela doit comprendre toutes les opérations de manutention nécessaires.*

Les ***transformateurs*** *destinés à être utilisés avec des câbles souples* ***non détachables*** *sont essayés avec le câble souple raccordé au* ***transformateur****.*

5.2 *Les essais sont effectués sur des spécimens en l'état de livraison et installés comme en usage normal selon les instructions du fabricant. S'il n'est pas nécessaire d'effectuer les essais*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*de 14.3, 15.5, 16.4 et 26.2, le nombre de spécimens est de un pour toutes les **puissances assignées.***

Si les essais de 14.3 sont nécessaire, ils doivent être effectués sur trois spécimens supplémentaires. S'il est nécessaire de répéter ces essais, ils doivent être réalisés sur trois autres spécimens.

Si les essais de 15.5 sont nécessaires, il doivent être effectués sur trois spécimens supplémentaires. Ces spécimens ne sont utilisés que pour les essais de 15.5.

Si les essais de 16.4 sont nécessaires, ils sont effectués sur quatre spécimens supplémentaires.

Si les essais de 26.2 sont nécessaires, ils sont effectués sur trois spécimens supplémentaires.

*Pour les composants essayés dans les conditions existantes dans le **transformateur**, le nombre de spécimens est celui prescrit par la norme correspondante.*

*Pour l'essai d'une série de **transformateurs**, voir l'Annexe B.*

Tous les spécimens doivent satisfaire à tous les essais correspondants, sauf pour le cas mentionné en 14.3.

NOTE 1 Pour les **transformateurs associés**, la norme de l'équipement peut prescrire un nombre différent de spécimens à essayer.

NOTE 2 Dans le cas où le dispositif de protection n'est ni interchangeable ni réarmable, la conformité est vérifiée sur un spécimen spécialement préparé.

5.3 *Les essais sont effectués dans l'ordre des articles et paragraphes, à moins qu'il en soit spécifié autrement.*

5.4 *Si les résultats des essais ne sont pas influencés par la température ambiante, la température de la salle d'essais est, en général, maintenue à (20 ± 5) °C. Autrement et si, toutefois, la température atteinte par une partie quelconque est limitée par un dispositif sensible à la température ou est influencée par la température à laquelle un changement d'état intervient, la température de la salle d'essais est, en cas de doute, maintenue à (23 ± 2) °C ou $t_a \pm 2$ °C pour les **transformateurs** marqués t_a.*

*Les essais sont effectués avec le **transformateur**, ou toute partie mobile de celui-ci, placé dans la position la plus défavorable susceptible d'apparaître en usage normal.*

5.5 *Pour le courant alternatif, les tensions d'essai sont pratiquement sinusoïdales et ont une fréquence de 50 Hz ou 60 Hz sauf spécification contraire.*

5.6 *Les **transformateurs** prévus pour plusieurs **tensions primaires assignées**, pour une **plage de tensions primaires assignées** ou pour plusieurs **fréquences d'alimentation assignées** sont essayés sous la tension ou à la fréquence qui conduit aux conditions les plus sévères pour le **transformateur** lors de l'essai considéré, à moins qu'il en soit spécifié autrement dans la présente norme.*

5.7 *Dans la mesure du possible, les mesures sont effectuées à l'aide d'instruments qui n'ont pas d'effet appréciable sur les valeurs à mesurer; si nécessaire, des corrections doivent être faites.*

5.8 *Sauf spécification contraire, les **transformateurs** destinés à être utilisés avec un **câble souple externe** (voir définition 3.2.1) sont essayés avec un ou plusieurs câbles reliés au **transformateur**.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

5.9 *Si des **transformateurs de classe I** ont des **parties conductrices accessibles** non connectées à une borne de terre ou à un contact de terre de protection, et non séparées des **parties actives dangereuses** par une **partie intermédiaire conductrice** connectée à une borne de terre ou à un contact de terre de protection, on contrôle ces parties pour s'assurer de la conformité aux règles appropriées spécifiées pour **les transformateurs de classe II** dans la présente norme.*

5.10 *Les **transformateurs pour pose encastrée** sont essayés avec une boîte d'encastrement appropriée en matière isolante. Cette boîte est placée dans une **enveloppe** en contreplaqué d'une épaisseur de 20 mm, comme indiqué à la Figure 1, dont les parois internes sont peintes en noir mat. La distance du fond de la boîte de montage à la paroi de l'**enveloppe** est de 5 mm.*

5.11 *Les **transformateurs pour usage spécifique**, s'il n'existe pas de normes spécifique à l'appareil ou à l'équipement auxquels ils sont destinés, sont essayés de la même façon que les **transformateurs** d'usage courant, leurs caractéristiques assignées étant considérées comme la puissance et le facteur de puissance du ou des appareils ou équipements pour lesquels ils ont été conçus.*

5.12 Void

5.13 *Les **transformateurs** ayant un indice IP00 dont l'utilisation n'est pas connue sont essayés sans **enveloppe**.*

*Pour ces **transformateurs**, les exigences de l'Article 9 ne sont pas applicables. De plus, l'essai décrit en 27.2 n'est pas réalisé parce que le résultat peut être influencé par l'**enveloppe** dans l'application finale, par exemple sur le point de fixation du **transformateur** au support en plastique. Le cas échéant, la norme produit du produit final s'applique pour l'essai en condition de défaut.*

5.14 *Les **transformateurs** ayant un indice IP00 dont l'utilisation est connue sont essayés montés selon les instructions du constructeur.*

5.15 *Les essais dans les Articles 18 et 26 sont basés sur un niveau de 2 000 m au-dessus de la mer. Si les essais sont effectués au-dessus de 2 000 m, l'Annexe A de la CEI 60664-1 s'applique.*

6 Caractéristiques assignées

Les caractéristiques assignées sont indiquées dans la partie 2 correspondante pour les différents types de **transformateurs**, et dans l'Annexe U pour les **transformateurs** marqués t_w.

7 Classification

Les transformateurs sont classés:

7.1 D'après leur protection contre les chocs électriques en:

- **transformateurs de classe I;**
- **transformateurs de classe II;**
- **transformateurs de classe III.**

NOTE Les **transformateurs à incorporer** ne sont pas rattachés à une classe; leur protection contre les chocs électriques est déterminée par la façon dont ils sont incorporés.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

7.2 D'après la protection contre les courts-circuits ou la protection contre une utilisation anormale en:

– **transformateurs résistants aux courts-circuits par construction;**
– **transformateurs résistants aux courts-circuits par dispositif incorporé;**
– **transformateurs non résistants aux courts-circuits;**
– **transformateurs non dangereux en cas de défaillance.**

7.3 D'après le degré de protection procuré par l'**enveloppe** et défini selon la CEI 60529 (système IP) sauf IP1X

NOTE Pour plus d'information voir l'Annexe Q.

7.4 D'après leur mobilité en:

– **transformateurs fixes;**
– **transformateurs installés à poste fixe;**
– **transformateurs mobiles;**
– **transformateurs portatifs.**

7.5 D'après le type de service:

– **service permanent;**
– **service temporaire;**
– **service intermittent.**

7.6 Selon l'usage auquel ils sont destinés:

7.6.1 Associés

– **à incorporer**;
– pour **usage spécifiqu**e.

7.6.2 Indépendants

7.7 Optionnellement selon la température assignée d'enroulement maximale en fonctionnement, $\boldsymbol{t_w}$, et l'espérance de vie correspondante estimée dans des conditions spécifiées (uniquement pour les **transformateurs** marqués $\boldsymbol{t_w}$)

– t_{w5} pour 5 ans de fonctionnement continu;
– t_{w10} pour 10 ans de fonctionnement continu;
– t_{wn} où n représente le nombre d'années autre que les nombres ci-dessus.

7.8 Selon les conditions environnementales dans lesquelles ils sont destinés à être utilisés:

– environnement normal;
– environnements particuliers (exemple, arctique, etc. ...).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

8 Marquage et indications

8.1 Les **transformateurs** doivent porter les indications suivantes:

a) la ou les tensions primaires assignées, ou la ou les plages de tensions primaires assignées en volts;

Les **transformateurs** ayant une plage de valeurs assignées et qui peuvent fonctionner dans toute la plage sans réglage doivent être marqués des limites inférieure et supérieure de la plage, séparées par un tiret.

NOTE 1 Exemple 115 V – 230 V: le **transformateur** fonctionne pour toute valeur située dans la plage marquée.

Les **transformateurs** ayant différentes valeurs assignées et qui doivent être réglés par l'utilisateur ou l'installateur pour pouvoir être utilisés à une valeur particulière, doivent être marqués des différentes valeurs séparées par un trait oblique.

NOTE 2 Exemple 1: 115 V/230 V: le **transformateur** est utilisable seulement pour 115 V ou 230 V (par exemple un **transformateur** ayant un sélecteur ou des bornes avec différentes valeurs).

NOTE 3 Exemple 2: 230 V/400 V: le **transformateur** est utilisable seulement pour 230 V ou 400 V, 230 V étant valable en fonctionnement monophasé et 400 V en fonctionnement triphasé (**transformateur** avec des bornes pour les deux modes d'alimentation).

b) la ou les **tensions secondaires assignées** en volts ou kilovolts.

Pour les **transformateurs** combinés avec un redresseur, la **tension secondaire assignée** en aval du redresseur doit être indiquée en valeur moyenne arithmétique, ou la tension secondaire en amont du redresseur doit être exprimée en valeur efficace.

NOTE 4 La valeur efficace est distinguée de la valeur moyenne arithmétique en utilisant V_{eff} dans le marquage.

c) la **puissance assignée** en voltampères ou en kilovoltampères, et en voltampères réactifs (VAR) ou en kilovoltampères réactifs (kVAR) pour les **bobines d'inductance**.

NOTE 5 Pour les **transformateurs** combinés avec un redresseur, la **puissance assignée** peut être exprimée en watts au lieu d'être exprimée en voltampères ou en kilovoltampères.

d) le ou les **courants secondaires assignés** en ampères ou milliampères, en remplacement du marquage de la **puissance assignée**;

e) **la** ou **les fréquences assignées** en hertz;

f) le **facteur de puissance assigné** s'il est différent de l'unité pour les **transformateurs** au-dessus de 25 VA;

g) le symbole ou l'abréviation AC pour sortie en courant alternatif ou DC pour sortie en courant continu;

h) le symbole indiquant le type de **transformateur** tel que précisé dans la partie 2 correspondante; si un **transformateur** ayant un indice IP00 ou un **transformateur associé** a plusieurs circuits conformes à différentes parties 2 (par exemple, un **circuit secondaire TBTS** conforme à la Partie 2-6 et le **circuit secondaire** 230 V conforme à la Partie 2-4), les symboles appropriés doivent être utilisés;

i) le nom du constructeur ou du vendeur responsable ou la marque de fabrique;

j) le numéro du modèle ou la référence du type;

k) le groupe de couplage correspondant à la CEI 60076-1 (pour les **transformateurs** triphasés si exigé);

l) le symbole de la **classe II,** pour les **transformateurs de classe II** seulement;

m) le symbole de la **classe III,** pour les **transformateurs de classe III** seulement;

n) l'indication de l'indice de protection IP, s'il est différent de IP00;

o) la température ambiante assignée maximale t_a si elle diffère de 25 °C;

NOTE 6 Il est recommandé que les valeurs de t_a soient données par échelons de 5 °C pour $t_a \leq 50$ °C et par échelons de 10 °C pour $t_a > 50$ °C;

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

p) **température ambiante minimale** t_{amin}, si elle est inférieure à + 10 °C et si un dispositif sensible à la température est utilisé.

NOTE 7 Il est recommandé que les valeurs de t_{amin} soient données par échelons de 5 °C.

q) type de cycle en service, s'il y a lieu, à moins que le temps de service ne soit limité par la construction du **transformateur** ou corresponde à des conditions de service spécifiées dans la partie 2 concernée. Le marquage de «**service temporaire»** ou de «**service intermittent»** doit correspondre aux conditions d'usage normal. Le temps de fonctionnement pour des **transformateurs** pour **service temporaire** doit être exprimé en secondes (s) ou en minutes (min); le temps de fonctionnement et le temps de mise au repos pour les **transformateurs** pour **service intermittent** doit être exprimé en secondes (s) ou en minutes (min) les deux indications étant séparées par une barre oblique;

r) les valeurs de température maximale de fonctionnement des enroulements déclarées augmentent par pas de 5 °C et, uniquement pour les **transformateurs** marqués t_w, l'espérance de vie spécifiée.

s) Les **transformateurs** destinés à être utilisés avec une ventilation forcée lorsque le ventilateur n'est pas une partie du **transformateur** doivent être marqués avec «AF» suivi par la vitesse de l'air exprimée en m/s

t) De plus, le fabricant doit être en mesure de fournir à l'utilisateur les informations suivantes (soit dans la documentation, soit d'une autre façon):

– pour les **transformateurs fixes** ayant une **tension assignée** supérieure à 1 000 VA, la **tension de court-circuit** exprimée en pourcentage de la **tension primaire assignée**;

– la fonction électrique du **transformateur**.

NOTE 8 Si le **transformateur** a plus d'un enroulement secondaire, la tension de court-circuit à marquer est la plus faible valeur des différents enroulements.

NOTE 9 Des marquages supplémentaires sont autorisés sous réserve qu'ils ne prêtent pas à confusion.

8.2 Pour les **transformateurs** à indice de protection IP00 ou pour les **transformateurs associés**, il est admis de marquer seulement le nom du constructeur ou du vendeur responsable (ou la marque de fabrique) et la référence du type (ou du catalogue). Les autres caractéristiques doivent alors figurer sur les feuilles de caractéristiques du **transformateur** ou dans les feuilles d'instructions du constructeur.

NOTE 1 Le nom du constructeur ou du vendeur responsable et la référence du type peuvent être remplacés par un numéro de code permettant la traçabilité

Ces informations doivent permettre de remplacer le **transformateur** d'origine par un **transformateur** équivalent.

NOTE 2 Equivalent signifie électriquement, mécaniquement, dimensionnellement et fonctionnellement inter-changeable.

8.3 Si le **transformateur** peut être adapté à différentes **tensions primaires assignées**, la tension de réglage doit pouvoir être facilement et clairement distinguée.

8.4 Les **transformateurs** à prises multiples ou à **enroulements secondaires** multiples doivent porter les indications suivantes:

– la **tension secondaire assignée** pour chaque prise ou enroulement, à moins que le **transformateur** ne soit destiné à des usages spéciaux impliquant de fréquents changements de la tension secondaire;

– la **puissance assignée** pour chaque prise ou enroulement; si la **puissance assignée** pour chaque prise ou enroulement est la même, au moins une prise ou un enroulement doit être marqué.

La disposition des connexions nécessaires pour obtenir les différentes tensions secondaires doit être clairement indiquée sur le **transformateur**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

8.5 Les **transformateurs résistants aux courts-circuits par dispositif incorporé,** comportant des fusibles incorporés et les **transformateurs non résistants aux courts-circuits** conçus pour être protégés par des fusibles doivent en outre porter l'indication du courant assigné (en ampères ou milliampères) de l'élément de remplacement servant à la protection, suivi ou précédé du symbole de la caractéristique temps-courant des fusibles en conformité avec la norme correspondante, s'il y a lieu.

Les **transformateurs résistants aux courts-circuits par dispositifs incorporés** ayant des dispositifs de protection interchangeables autres que des fusibles et les **transformateurs non résistants aux courts-circuits** conçus pour être protégés par des dispositifs de protection autres que des fusibles doivent porter en outre l'indication du numéro du modèle ou la référence du type du dispositif et/ou les caractéristiques assignées du dispositif.

NOTE 1 Un symbole conforme à l 'Annexe U peut être utilisé en complément.

NOTE 2 Les **transformateurs résistants aux courts-circuits par dispositifs incorporés** non interchangeables n'ont pas besoin de marquage supplémentaire concernant le dispositif de protection.

Le marquage doit être tel que le remplacement du dispositif de protection puisse être assuré correctement.

Dans les cas où des dispositifs de protection interchangeables autres que des fusibles sont utilisés, une feuille d'instructions ou analogue, accompagnant le **transformateur**, doit donner les informations qui conviennent sur leur remplacement.

8.6 Les bornes prévues exclusivement pour le conducteur neutre doivent être identifiées par le symbole pour le neutre.

Les bornes de terre doivent être identifiées par le symbole pour la terre.

Les bornes des **enroulements primaires** et **secondaires** doivent être clairement identifiées.

Si un point quelconque d'un enroulement ou d'une borne est connecté au châssis ou au noyau, cela doit être indiqué au moyen du symbole correspondant.

8.7 Les **transformateurs** doivent être munis de marquages montrant clairement la façon dont le **transformateur** doit être raccordé, à moins que cela soit évident de par la conception du **transformateur**.

8.8 Pour les **transformateurs** pourvus d'une **fixation du type X**, **Y** ou **Z**, la notice d'utilisation doit porter les informations suivantes ou leur équivalent:

– pour les **fixations du type X** comportant un cordon spécialement préparé:

  «En cas d'endommagement du **câble souple externe**, celui-ci doit être remplacé par un cordon spécial disponible auprès du constructeur ou de son agent»;

– pour les **fixations du type Y**:

  «En cas d'endommagement du **câble souple externe**, celui-ci doit être remplacé par le constructeur ou son agent ou par une personne qualifiée dans le but d'éviter tout danger»;

– pour les **fixations du type Z**:

  «Le **câble souple externe** de ce **transformateur** ne peut pas être remplacé; en cas d'endommagement du cordon, il convient de mettre le **transformateur** au rebut.»

8.9 Les **transformateurs** utilisables seulement à l'intérieur doivent être marqués du symbole correspondant.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

8.10 Les **transformateurs de classe II** doivent être marqués du symbole graphique IEC 60417-5172 (DB:2002-10) placé à côté des informations pour l'alimentation, (par exemple sur la plaque signalétique) , de sorte qu'il soit évident que le symbole fait partie de l'information technique et qu'il ne puisse en aucun cas être confondu avec le nom du constructeur ou une autre identification (voir 7.2.3 de la CEI 61140).

Les **transformateurs de classe II** ayant des parties à monter doivent être fournis avec tous les éléments qui en font un **transformateur** de classe II après montage conformément aux instructions de montage du fabricant, et ils doivent être marqués du symbole de la classe II. De plus, si le **transformateur** peut être monté sans couvercle (par exemple, sur un coffret de distribution), le marquage de la classe II doit être placé sur la partie qui donne effectivement la classe II (par exemple sur un couvercle de bornier pour connexion à l'alimentation).

8.11 Lorsqu'il est fait usage de symboles sur l'équipement ou dans les instructions, on doit utiliser les symboles suivants:

Symbole ou symbole graphique	Explication ou titre	Identification
V*	Volts	
A*	Ampères	
VA ou VAR*	Voltampères (ou voltampères réactifs pour les **bobines d'inductance**)	
W*	Watts	
Hz*	Hertz	
PRI	Primaire	
SEC	Secondaire	
⎓	Courant continu	IEC 60417-5031 (DB:2002-10)
N	Neutre	
~	Courant alternatif monophasé	IEC 60417-5032 (DB:2002-10)
3~	Courant alternatif triphasé	IEC 60417-5032-1 (DB:2002-10)
3/N~	Courant alternatif triphasé avec neutre	IEC 60417-5032-2 (DB:2002-10)
cos φ	Facteur de puissance	
⧈	Construction de classe II	IEC 60417-5172 (DB:2003-02)
III	Construction de classe III	IEC 60417-5180 (DB:2003-02)
⏛	Coupe-circuit à fusibles (en ajoutant le symbole de la caractéristique temps-courant)	IEC 60417-5016 (DB:2002-10)
t_a	Température ambiante assignée maximale	
⏚	Borne reliée au châssis ou au noyau	IEC 60417-5020 (DB:2002-10)
⏚	Terre de protection	IEC 60417-5019 (DB:2002-10)
IPXX	Code IP**	

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Symbole ou symbole graphique	Explication ou titre	Identification
	Terre fonctionnelle	IEC 60417-5017 (DB:2002-10)
	Pour usage intérieur uniquement	IEC 60417-5957 (DB:2004-12)
t_{w5} yyy,	Uniquement pour les **transformateurs** marqués t_w avec 5 ans d'espérance de vie yyy= température de fonctionnement maximale assignée	
t_{w10} yyy,	Uniquement pour les **transformateurs** marqués t_w avec 10 ans d'espérance de vie yyy= température de fonctionnement maximale assignée	
t_{wX} yyy,	Uniquement pour les **transformateurs** marqués t_w où x = espérance de vie yyy= température de fonctionnement maximale assignée	
* Les multiples ou sous-multiples sont autorisés (exemple: Kv, mA, ..) ** Les « X » utilisés dans le code IP tel qu'il est représenté dans ce Tableau indiquent un nombre manquant dans l'exemple, mais les deux nombres appropriés doivent être marqués sur le **transformateur**, si applicable. Des lettres additionnelles et supplémentaires mentionnées dans la CEI 60529 peuvent être utilisées si nécessaire.		

8.12 Les différentes positions des dispositifs de réglage et les différentes positions des interrupteurs doivent être désignées par des chiffres, des lettres ou d'autres indications visuelles.

S'il est fait usage de chiffres pour la désignation des différentes positions, la position «ouverte» doit être désignée par le chiffre 0 et la position correspondant à une charge, une puissance, etc. plus élevées doit être désignée par un chiffre plus élevé.

Le chiffre 0 ne doit être employé pour aucune autre indication. Les indications utilisées doivent être compréhensibles sans la connaissance des langues, des normes nationales, etc.

8.13 Le marquage ne doit pas être placé sur des vis ou d'autres parties facilement amovibles.

A l'exception des cas mentionnés ci-dessous, les marquages et indications doivent pouvoir être distingués facilement lorsque le **transformateur** est prêt à l'usage.

Le marquage relatif aux bornes doit être placé de façon qu'on puisse le distinguer facilement après enlèvement du capot, si nécessaire; il doit être tel qu'il ne puisse pas y avoir confusion entre les bornes primaires et les bornes secondaires.

Le marquage relatif aux dispositifs de protection interchangeables doit être placé à proximité de la base de ces dispositifs, et de façon qu'on puisse le distinguer facilement après enlèvement de tout capot et du dispositif de protection.

8.14 S'il est nécessaire de prendre des précautions particulières pour l'installation ou l'utilisation, des informations doivent être fournies (sur le catalogue, la fiche signalétique, ou les instructions d'utilisation):

– un **transformateur résistant aux courts-circuits par dispositif incorporé avec un dispositif de protection non réarmable ou non remplaçable** ou une **partie affaiblie intentionnellement** non remplaçable doit avoir une information expliquant que le dispositif de protection ne peut pas être réarmé ou remplacé après un court-circuit ou une surcharge;

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

– pour les **transformateurs** générant un **courant dans le conducteur de terre de protection** supérieur à 10 mA et conçus pour une connexion permanente, le **courant dans le conducteur de terre de protection** doit être clairement établi dans les instructions et il doit être indiqué que l'installation doit être faite conformément aux règles de câblage.

– pour les **transformateurs associés** et les **transformateurs** IP00, une note d'information doit mentionner qu'un écart de tension de plus ou moins 10 % peut apparaître dans l'alimentation et que le choix du **transformateur** (en fonction de sa **puissance assignée**) doit être effectué en conséquence.

– pour les **transformateurs fixes** de **puissance assignée** dépassant 1 000 VA, la tension de court-circuit exprimée en pourcentage de la tension primaire assignée;

– la fonction électrique du **transformateur;**

– en tant qu'information relative à la conception d'un appareil, la limite en température de l'enroulement dans des conditions anormales à ne pas dépasser si le **transformateur** est intégré dans un appareil;

– pour les **transformateurs t_w,** la constante *S* quand elle diffère de 4 500, le symbole *S* étant accompagné de sa valeur en milliers (par exemple, "*S*6", si *S* vaut 6 000).

NOTE Les valeurs préférables de *S* sont: 4 500, 5 000, 6 000, 8 000, 11 000 et 16 000.

– pour les **transformateurs** non conçus pour une connexion en série et/ou parallèle de plusieurs enroulements secondaires, que le **transformateur** n'est pas destiné à être connecté en série ou en parallèle

La vérification de la conformité aux exigences de 8.1 à 8.14 est effectuée par examen.

Pour les **transformateurs** IP00, le cas échéant, l'essai décrit en 27.2 n'est pas réalisé, le résultat pouvant être affecté par l'**enveloppe** dans l'application finale.

8.15 Le marquage doit être durable et facilement lisible.

La conformité est vérifiée par examen et en frottant le marquage à la main pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'eau et de nouveau pendant 15 s avec un chiffon de coton imbibé d'essence.

L'essence à utiliser pour cet essai se compose d'hexane aliphatique comme solvant avec une teneur aromatique ayant un maximum de 0,1 % en volume, un indice de kauributanol de 29, un point d'ébullition initial d'environ 65 °C, un point de siccité d'environ 69 °C et une masse volumique d'environ 0,68 g/cm³.

Le marquage fait par moulage, pression ou gravure n'est pas soumis à cet essai.

Après tous les essais de la présente norme, le marquage doit être facilement lisible; il ne doit pas être possible d'enlever facilement les étiquettes et celles-ci ne doivent pas se recroqueviller.

9 Protection contre les chocs électriques

Les **transformateurs** doivent être construits et enfermés de façon qu'il y ait une protection appropriée contre les contacts accidentels avec les **parties actives dangereuses** et ne doivent présenter aucun risque de choc électrique à partir de charges emmagasinées dans les condensateurs.

La conformité est vérifiée par les essais de 9.1.1, 9.1.2 et 9.2.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.1 Protection contre le contact avec les parties actives dangereuses

9.1.1 Détermination des parties actives dangereuses

Une **partie active** n'est pas **dangereuse** lorsqu'elle est séparée de l'alimentation par une **isolation double** ou **renforcée** et qu'elle est conforme aux exigences de 9.1.1.1 ou 9.1.1.2 quand le **transformateur** est alimenté à sa **tension primaire assignée**.

9.1.1.1 La tension ne doit pas dépasser 35 V (crête) en courant alternatif ou 60 V en courant continu lissé

*La conformité est vérifiée par les mesures effectuées entre deux **parties conductrices**.*

9.1.1.2 Si la tension dépasse 35 V (crête) en courant alternatif ou 60 V en courant continu lissé, le courant de contact ne doit pas dépasser:

– pour l'alternatif: 0,7 mA (crête)
– pour le continu: 2,0 mA.

La conformité est vérifiée en mesurant le courant de contact comme spécifiées dans l'Annexe J

*En complément, quand un condensateur est connecté aux **parties actives:***

9.1.1.2.1 La décharge ne doit pas dépasser 45 µC pour les tensions emmagasinées entre 60 V et 15 kV, ou

9.1.1.2.2 L'énergie de décharge ne doit pas dépasser 350 mJ pour les tensions emmagasinées dépassant 15 kV.

La conformité des paragraphes 9.1.1.2.1 et 9.1.1.2.2 est vérifiée en effectuant les mesures avec une charge de 2 000 Ω.

9.1.2 Accessibilité aux parties actives dangereuses

Les **transformateurs** doivent être construits de façon à fournir une protection appropriée contre l'accessibilité aux **parties actives dangereuses**.

Les **transformateurs de classe I** et **II** doivent être construits et enfermés de façon à fournir une protection appropriée contre les contacts accidentels avec les **parties actives dangereuses**.

Pour les **transformateurs de classe I**, les parties accessibles doivent être séparées des **parties actives dangereuses** au moins par une **isolation principale**.

Les **transformateurs de classe II** doivent être construits et enfermés de façon que soit assurée une protection contre l'accessibilité à **l'isolation principale** et aux **parties conductrices** séparées des **parties actives dangereuses** uniquement par l'**isolation principale**. Seules les parties séparées des **parties actives dangereuses** par une **isolation double** ou **renforcée** peuvent être accessibles.

Les **parties actives dangereuses** ne doivent pas être accessibles après enlèvement des parties amovibles à l'exception:

– des lampes munies de culots de taille supérieure aux culots B9 et E10;
– des porte-fusibles de type D.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 1 Après leur incorporation dans le produit fini, les **transformateurs** IP00 doivent être conformes à la norme du produit dans lequel ils sont incorporés.

Les propriétés isolantes des vernis, de l'émail, du papier, du coton, d'une pellicule d'oxyde sur des **parties conductrices** et de la matière de remplissage ne doivent pas être considérées comme assurant la protection requise contre les contacts accidentels avec des **parties actives dangereuses**.

NOTE 2 Les résines durcissant à l'air peuvent être considérées comme fournissant une protection adéquate contre les **parties actives dangereuses**.

Les axes, poignées, leviers de manœuvre, boutons et organes analogues ne doivent pas être des **parties actives dangereuses**.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de la CEI 60529.

*De plus, les ouvertures dans les **transformateurs de classe II** et les ouvertures dans les **transformateurs de classe I** autres que celles dans des **parties conductrices** reliées à une borne de terre de protection sont essayées au moyen de la broche d'essai représentée à la Figure 3.*

Le doigt d'épreuve et la broche d'essai sont appliqués, sans force appréciable, dans toutes les positions possibles.

*Le doigt d'épreuve de la Figure 2 est appliqué sans force appréciable, le **transformateur** étant incliné dans toutes les directions possibles, à l'exception des **transformateurs** utilisés normalement posés sur le sol et ayant une masse supérieure à 40 kg qui eux ne sont pas inclinés. Le doigt d'épreuve est appliqué aux ouvertures sur toute la profondeur possible, il est tourné ou plié en angle avant, pendant et après insertion dans toute position. Si l'ouverture ne permet pas l'entrée du doigt d'épreuve, la force est augmentée jusqu'à 20 N, le doigt étant en position rectiligne. Si alors le doigt d'épreuve pénètre dans l'ouverture, l'essai est répété avec le doigt d'épreuve plié en angle.*

*Il ne doit pas être possible de toucher avec le doigt d'épreuve des **parties actives dangereuses** nues ou des **parties actives dangereuses** protégées seulement par un vernis, de l'émail, du papier, du coton, une pellicule d'oxyde ou de la matière de remplissage. Pour les **transformateurs de classe II**, il ne doit pas être possible de toucher avec le doigt d'épreuve les **parties conductrices** qui sont séparées des **parties actives dangereuses** par une **isolation principale** seulement.*

*De plus, il ne doit pas être possible de toucher des **parties actives dangereuses** nues avec la broche d'essai.*

NOTE 3 Cette exigence ne s'applique pas aux douilles et aux prises de courant.

NOTE 4 En cas de doute, un indicateur électrique dont la tension est de 40 V au moins est utilisé avec la broche d'essai.

9.1.3 Accessibilité aux parties actives non dangereuses

Les parties actives non dangereuses du **circuit secondaire** isolées du **circuit primaire** par une **isolation double** ou **renforcée** peuvent être accessibles sous les conditions suivantes:

– pour les **tensions secondaires à vide** ne dépassant pas 35 V (crête) en courant alternatif ou 60 V en courant continu lissé, les deux pôles peuvent être accessibles,

– pour les **tensions secondaires à vide** dépassant 35 V (crête) en courant alternatif ou 60 V en courant continu lissé et ne dépassant pas 250 V en courant alternatif, seul un pôle peut être accessible.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

9.2 Protection contre les décharges électriques dangereuses

Pour les **transformateurs** munis d'une prise d'alimentation primaire, les broches de la prise ne doivent pas être une **partie active dangereuse** lors d'une mesure effectuée 1 s après débrochage de la prise.

Pour les **transformateurs** sans fiche d'alimentation primaire, les bornes du **transformateur** pour la connexion à la source d'alimentation ne doivent pas être des **parties actives dangereuses** lors d'une mesure effectuée 5 s après coupure de la source d'alimentation.

NOTE 1 Pour les besoins du présent paragraphe, les connecteurs de prise et socles de connecteurs sont considérés comme des fiches pour l'alimentation

La conformité est vérifiée par l'essai suivant:

Si la capacité nominale dans les broches n'excède pas 0,1 µF, aucun essai n'est conduit.

*S'il existe un interrupteur de l'alimentation primaire du **transformateur**, il est en position arrêt, à moins que la position marche ne soit plus défavorable.*

L'essai doit être effectué 10 fois ou à l'aide d'un dispositif de coupure avec l'angle électrique de tension d'alimentation le plus défavorable.

La tension doit être mesurée entre les bornes d'entrée ou entre les câbles d'alimentation ou entre les broches de la fiche d'alimentation utilisée pour la connexion à la source d'alimentation 1 s à 5 s après la coupure de la source d'alimentation.

Si la tension excède 60 V courant continu lissé, la décharge est mesurée dans les mêmes conditions et ne doit pas excéder 45 µC.

10 Changement de la tension primaire d'alimentation

Les **transformateurs** à plusieurs **tensions primaires assignées** doivent être construits de façon telle que le changement de tension ne soit pas possible sans l'aide d'un **outil**.

NOTE A titre d'exemple, l'exigence concernant le changement de tension est satisfaite s'il faut employer un **outil** pour enlever un capot avant de pouvoir changer la tension d'alimentation.

Lorsque les **transformateurs** peuvent être réglés sur plusieurs **tensions primaires assignées**, ils doivent être construits de façon telle que l'indication de la tension pour laquelle le **transformateur** est réglé soit visible sur le **transformateur** lorsqu'il est prêt à l'usage.

Les **transformateurs** avec fiche munis d'un dispositif de réglage des connexions primaires (par exemple un sélecteur) conçu pour ajuster les tensions d'alimentation à l'intérieur d'une gamme donnée dont les valeurs n'excèdent pas de plus de 10 % la valeur de tension correspondant au point milieu de cette gamme, ne sont pas considérés comme des **transformateurs** à plusieurs tensions primaires

Les **transformateurs de sécurité** à prise ne doivent avoir qu'une seule **tension primaire assignée** à moins que le **transformateur** ne soit pas capable de produire une tension secondaire au-delà des limites autorisées dans le domaine d'application si la tension marquée la plus élevée est appliquée à l'enroulement de tension au marquage le plus faible.

La conformité est vérifiée par mesure et examen.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

11 Tension secondaire et courant secondaire en charge

11.1 Lorsque le **transformateur** est alimenté à la **tension primaire assignée**, à la **fréquence assignée**, et chargé avec une impédance donnant la **puissance assignée** sous la **tension secondaire assignée** et, pour le courant alternatif, sous le **facteur de puissance assigné**, la tension secondaire ne doit pas différer de la valeur assignée de plus de:

a) 10 % pour la tension secondaire des **transformateurs résistants aux courts-circuits par construction**, à une seule **tension secondaire assignée**;

b) 10 % pour la tension secondaire la plus élevée des **transformateurs résistants aux courts-circuits par construction**, à plusieurs **tensions secondaires assignées**;

c) 15 % pour les autres tensions secondaires des **transformateurs résistants aux courts-circuits par construction**, à plusieurs **tensions secondaires assignées**;

d) 5 % pour les tensions secondaires des autres **transformateurs**.

Pour les **transformateurs** avec redresseurs, les valeurs ci-dessus sont à augmenter de 5.

*La vérification de la conformité consiste à mesurer la tension secondaire lorsque l'état d'équilibre est atteint, le **transformateur** étant alimenté à la **tension primaire assignée**, à la **fréquence d'alimentation assignée** et chargé avec une impédance donnant la **puissance assignée**, sous la **tension secondaire assignée** et sous le **facteur de puissance assigné**.*

*Pour les **transformateurs** combinés avec un redresseur, la tension secondaire est mesurée aux bornes du circuit à courant continu à l'aide d'un voltmètre indiquant la valeur arithmétique moyenne, à moins que cette tension ne soit indiquée spécifiquement en valeur efficace (voir 8.1).*

*Pour les **transformateurs** à plusieurs **tensions primaires assignées**, l'exigence s'applique pour chacune des **tensions primaires assignées**.*

*Pour les **transformateurs** à plusieurs **enroulements secondaires**, les charges sont appliquées à chaque section d'enroulement simultanément, à moins qu'il en soit déclaré autrement.*

11.2 Si la **puissance assignée**, la **tension secondaire assignée**, le **courant secondaire assigné** et le **facteur de puissance assigné** sont indiqués sur le **transformateur**, ces valeurs doivent être sensiblement en concordance les unes avec les autres.

Si le **courant secondaire assigné** n'est pas spécifié, il peut être calculé à partir de la **puissance assignée** et de la **tension secondaire assignée**.

La conformité est vérifiée par calcul.

12 Tension secondaire à vide

Les exigences relatives à la limitation de la **tension secondaire à vide** en fonction des différents types de **transformateurs** sont indiquées dans les parties 2 correspondantes.

*Pour les **transformateurs** combinés avec un redresseur, les mesures des tensions secondaires sont effectuées à l'entrée et à la sortie du redresseur si elles sont raccordées à des bornes. La mesure aux bornes d'entrée du redresseur n'est faite que si elles sont accessibles à l'utilisateur. La **tension secondaire** est mesurée aux bornes du **circuit secondaire** à l'aide d'un voltmètre indiquant la valeur moyenne arithmétique, à moins que cette tension ne soit indiquée en valeur efficace (voir 8.1).*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

13 Tension de court-circuit

Si la **tension de court-circuit** fait l'objet d'un marquage, la **tension de court-circuit** mesurée ne doit pas différer de plus de 20 % de la valeur indiquée.

*La vérification de la conformité consiste à mesurer la **tension de court-circuit**, le **transformateur** étant à la température ambiante.*

14 Echauffements

14.1 Exigences générales

Les **transformateurs** et leurs supports ne doivent pas atteindre en usage normal des températures excessives.

Les températures sont déterminées dans les conditions suivantes, lorsque l'état d'équilibre est atteint.

*L'essai et les mesures sont effectués dans un emplacement sans courant d'air et ayant des dimensions telles que les résultats d'essais n'en soient pas influencés. Si le **transformateur** a une t_a assignée, l'essai est effectué à t_a ± 5 °C.*

NOTE 1 L'essai d'échauffement est effectué en ne tenant compte que de t_a (et non de t_{amin}).

*Les **transformateurs mobiles** sont placés sur un support en contreplaqué, peint en noir mat. Les **transformateurs fixes** sont installés comme en usage normal, sur un support en contre-plaqué peint en noir mat. Le support a approximativement 20 mm d'épaisseur et des dimensions qui dépassent d'au moins 200 mm la projection orthogonale du spécimen sur le support.*

*Les **transformateurs** qui sont fournis avec des broches intégrées, destinées à être introduites dans des socles fixes de prise de courant, sont essayés dans un socle encastré monté dans une boîte placée sur un support en contreplaqué peint en noir mat comme indiqué à la Figure 1.*

*Les **transformateurs pour pose encastrée** sont essayés comme décrit en 5.10.*

*Les **transformateurs** ayant un indice de protection autre que IP00 sont essayés avec leur **enveloppe**.*

*Les **transformateurs** ayant un indice de protection IP00, dont l'utilisation n'est pas connue, sont essayés comme indiqué en 5.13.*

NOTE 2 Dans le cas de **transformateurs** avec un indice de protection IP00, la température du support est mesurée, mais les valeurs données aux Tableaux 1 et 3 ne sont pas prises en considération.

*Les connexions des **transformateurs** ayant des bornes pour **fixations de type X** avec des cordons préparés spécialement et avec des bornes pour **fixations des types Y** et **Z** doivent être soumises à une traction de 5 N immédiatement avant l'essai d'échauffement.*

*Les **transformateurs** sont alimentés sous la **tension primaire assignée** et chargés avec une impédance donnant la **puissance assignée** sous la **tension secondaire assignée** et, pour le courant alternatif, sous le **facteur de puissance assigné**. La valeur du courant secondaire est mesurée lorsque l'état d'équilibre est atteint. La tension d'alimentation est ensuite augmentée de 10 % et le courant secondaire est ajusté à la valeur mesurée précédemment. Le courant secondaire n'est pas ajusté pour les **transformateurs indépendants**. Après cette augmentation de la tension, aucune modification n'est apportée au circuit. L'essai est répété sans charge si cela correspond à la situation la plus défavorable.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*Les **transformateurs associés** sont mis en fonctionnement dans les conditions qui se présentent lorsque l'appareil ou l'équipement fonctionne dans les conditions d'utilisation normales indiquées dans les spécifications. Les **transformateurs** en régime intermittent doivent être essayés aux régimes intermittents jusqu'à ce que les conditions d'équilibre soient atteintes.*

Les températures des enroulements sont déterminées par la méthode de variation de résistance.

NOTE 3 Une des méthodes consiste à effectuer les mesures séparément sur chaque enroulement et à déterminer la résistance des enroulements à la fin de l'essai, en effectuant des mesures de résistance aussi tôt que possible après ouverture du circuit, puis à des intervalles rapprochés de façon à pouvoir tracer une courbe de variation de la résistance en fonction du temps permettant de déterminer la résistance au moment de l'ouverture du circuit.

La valeur de l'échauffement d'un enroulement est calculée à partir de la formule:

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_1}{R_1}(x + t_1) - (t_2 - t_1)$$

où

x = 234,5 pour le cuivre;

x = 225 pour l'aluminium;

Δt *est l'échauffement, au-dessus de* t_2 *tel que la température maximale égale* $\Delta t + t_2$;

R_1 *est la résistance au début de l'essai, à la température* t_1;

R_2 *est la résistance à la fin de l'essai, quand les conditions d'équilibre ont été atteintes;*

t_1 *est la température ambiante au début de l'essai;*

t_2 *est la température ambiante à la fin de l'essai.*

Au début de l'essai, les enroulements doivent être à la température ambiante.

*Pour déterminer les températures des enroulements, la température ambiante est mesurée à une distance du spécimen telle que la lecture de cette température ne puisse être influencée par l'appareil en essai. A ce point, la température de l'air ne doit pas varier de plus de 10 °C pendant l'essai. Pour les **transformateurs** t_a, la température d'essai est égale à $\Delta t + t_a$.*

*Pour les **transformateurs** à plusieurs **enroulements primaires** ou **secondaires** ou à **enroulement primaire** ou **secondaire** à prises multiples, les résultats à considérer sont ceux qui conduisent à la température la plus élevée.*

Les autres températures sont déterminées au moyen de couples thermoélectriques choisis et disposés de façon à réduire au minimum leur influence sur la température de la partie à essayer.

Les couples thermoélectriques employés pour déterminer la température de la surface des supports sont fixés sur la face intérieure de plaquettes en cuivre ou laiton noircies de 1 mm d'épaisseur et 15 mm de diamètre, encastrées, de niveau avec la surface.

*La température de l'isolation électrique (autre que celle des enroulements) est déterminée à la surface de l'isolation, aux endroits où un défaut pourrait établir un contact entre les **parties actives dangereuses** et les **parties conductrices** accessibles ou réduire les **lignes de fuite** ou les **distances d'isolement** au-dessous des valeurs spécifiées à l'Article 26. De plus, des couples thermoélectriques doivent être placés sur les points les plus chauds du matériau isolant pour éviter un risque de feu.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*Pendant l'essai, la température ne doit pas dépasser les valeurs indiquées au Tableau 1 lorsque le **transformateur** fonctionne à sa **température ambiante assignée** (25 °C ou t_a). Dans les cas où la température dans la zone d'essai est différente de la **température ambiante assignée**, cette différence doit être prise en compte lorsque les limites du Tableau 1 sont appliquées et lorsque l'on fait les essais en température de 27.1 et 27.4.*

Tableau 1 – Valeurs des températures maximales en usage normal

Parties [a]	**Température** °C
Enroulements, si le système d'isolation (c'est-à-dire bobines et tout autre matériau qui est en contact avec celles-ci), est:	
– en matériau de la classe A [b]	100
– en matériau de la classe E [b]	115
– en matériau de la classe B [b]	120
– en matériau de la classe F [b]	140
– en matériau de la classe H [b]	165
– en autre matériau [c]	–
Enveloppes externes [d] (qui peuvent être touchées avec le doigt d'épreuve normalisé) de **transformateurs fixes**, si elles sont en	
– métal	70
– autre matériau	80
Enveloppes externes [d] (qui ne peuvent pas être touchées avec le doigt d'épreuve normalisé) de **transformateurs fixes**	85
Enveloppes externes [d], poignées et organes analogues de **transformateurs mobiles**:	
– si, en usage normal, ces parties sont tenues de façon continue (par exemple pour les **transformateurs portatifs**):	
• en métal	55
• en autre matériau	75
– si, en usage normal, ces parties ne sont pas tenues de façon continue:	
• en métal	60
• en autre matériau	80
Bornes pour conducteurs externes et bornes d'interrupteurs	70
Enveloppe isolante des conducteurs internes et externes[e]	
– en caoutchouc	65
– en polychlorure de vinyle	70
Parties dont la détérioration pourrait affecter la sécurité[e]:	
– en caoutchouc (autre que **l'enveloppe** isolante des conducteurs)	75
– en phénol-formaldéhyde	105
– en urée-formaldéhyde	85
– en papier et tissu imprégnés	85
– en bois imprégné	85
– en polychlorure de vinyle (autre que l'enveloppe isolante des conducteurs), polystyrène et matériaux thermoplastiques analogues	65
– en toile vernie	75
Supports	85
Circuits imprimés[e]:	
– imprégnés de phénol-formaldéhyde, mélamine-formaldéhyde, phénol-furfural ou polyester	105
– imprégnés de résines époxides	140

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau 1 *(suite)*

a) S'il est fait usage d'autres matériaux, ils ne doivent pas être exposés à des températures supérieures à celles qui sont admissibles pour ces matériaux.

b) La classification des matériaux est conforme à la CEI 60085 et à la CEI 60216; toutefois les valeurs ont été ajustées pour tenir compte du fait que, dans ces essais, les températures sont des températures moyennes et non des températures de point chaud.

c) Si des matériaux autres que ceux spécifiés dans la CEI 60085 et la CEI 60216 sont utilisés, ils doivent satisfaire à l'essai de 14.3.

d) Si un élément quelconque constitue une partie de la surface externe du **transformateur**, la température de cet élément ne doit pas dépasser la valeur spécifiée pour l'**enveloppe** considérée.

e) Les qualités des isolants en caoutchouc et en polychlorure de vinyle sont celles définies respectivement par la CEI 60245 et la CEI 60227.

L'élévation de température d'éléments chauffants du dispositif de protection en contact avec les matériaux isolants doit être mesurée également.

Immédiatement après l'essai, le spécimen doit satisfaire à l'essai de rigidité diélectrique spécifié en 18.3, les valeurs sont spécifiées dans le Tableau 8a, la tension d'essai étant appliquée uniquement entre les ***enroulements primaires*** *et* ***secondaires****.*

Pendant et après l'essai, les connexions électriques ne doivent pas s'être desserrées, les ***lignes de fuite*** *et* ***distances d'isolement*** *ne doivent pas être réduites au-dessous des valeurs prescrites à l'Article 26, la matière de remplissage ne doit pas s'écouler et les dispositifs de protection contre les surcharges ne doivent pas fonctionner.*

14.2 Application de 14.1 ou 14.3 selon le système d'isolation

Ce qui suit s'applique aux enroulements

14.2.1 *Si le constructeur a spécifié quelle classe de système d'isolation a été utilisée, la température mesurée de l'enroulement ne doit pas dépasser la valeur correspondante donnée au Tableau 1 (compte tenu de la valeur de* t_a *si spécifiée).*

14.2.2 *Si le constructeur n'a pas spécifié quelle classe de système d'isolation a été utilisée, la température mesurée de l'enroulement ne doit pas dépasser la valeur donnée au Tableau 1 pour les systèmes d'isolation de classe A (compte tenu de la valeur de* t_a *si spécifiée).*

14.2.3 *Si le constructeur n'a pas spécifié quelle classe de système d'isolation a été utilisée et si la température mesurée de l'enroulement dépasse la valeur donnée au Tableau 1 pour les systèmes d'isolation de classe A (compte tenu de la valeur de* t_a *si spécifiée), les* ***parties actives*** *(noyau et enroulements) du* ***transformateur*** *sont soumises aux essais de 14.3. La température dans l'enceinte thermique est choisie selon le Tableau 2, en prenant en compte la valeur de* t_a*. La valeur de la température à choisir dans le Tableau 2 est la valeur immédiatement supérieure à la valeur de la température mesurée.*

14.3 Essai de vieillissement accéléré pour système d'isolation non classifié

Dans les cas où cela s'applique (voir 14.2, 19.12.3 et 26.3), les ***parties actives*** *du* ***transformateur*** *(noyau et enroulements) sont soumis à l'essai de vieillissement ci-après, chaque cycle étant constitué par un essai à la chaleur, un essai à l'humidité et un essai de vibrations. Les mesures sont effectuées conformément à 14.3.4.*

Le nombre de spécimens est celui indiqué en 5.2. Les spécimens sont soumis à 10 cycles d'essai.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

14.3.1 Essai à la chaleur

En fonction du type d'isolation, les spécimens sont maintenus dans une enceinte thermique selon la combinaison température-durée spécifiée au Tableau 2. Les 10 cycles sont réalisés avec la même combinaison.

La température dans l'enceinte doit être maintenue avec une tolérance de ±3 °C.

Tableau 2 – Température et durée d'essai (en jours) par cycle

Température d'essai °C	**Durée d'essai en fonction de la température des systèmes d'isolation** (jours)				
	100 °C	115 °C	120 °C	140 °C	165 °C
220					4
210					7
200					14
190				4	
180				7	
170				14	
160			4		
150		4	7		
140		7			
130	4				
120	7				
Classification correspondante selon la CEI 60085 et la CEI 60216	A	E	B	F	H

Après les essais à la chaleur, les spécimens sont ramenés à la température ambiante avant l'exécution de l'essai de vibrations.

14.3.2 Essai de vibrations

*Les spécimens sont fixés, dans leur position normale d'utilisation, au générateur de vibrations, comme spécifié dans la CEI 60068-2-6 au moyen de courroies passées autour de l'**enveloppe**. La direction des vibrations est verticale, et la sévérité est définie comme suit:*

durée: 30 min;

amplitude: 0,35 mm;

gamme de fréquence: 10 Hz, 55 Hz, 10 Hz;

balayage: approximativement un octave par minute.

14.3.3 Essai d'humidité

Les spécimens sont soumis pendant deux jours (48 h) à l'essai d'humidité prévu en 17.2.

14.3.4 Mesures

Tous les essais et mesures qui suivent sont effectués avant le premier cycle et après chaque fin des cycles suivants:

– *le courant primaire à vide ou sa valeur ohmique*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

La valeur du courant primaire à vide ou la valeur ohmique du courant primaire à vide ne doit pas être supérieure de plus 30 % à la valeur correspondante obtenue lors de la mesure initiale.

– *la résistance d'isolement est mesurée selon 18.1 et 18.2;*

– *un essai de rigidité diélectrique selon 18.3 et 18.4. Cependant les valeurs des tensions d'essai sont réduites à 35 % des valeurs spécifiées et le temps d'essai est doublé.*

– *l'essai suivant seulement pour les **transformateurs** ayant une **fréquence d'alimentation assignée** de 50 Hz ou 60 Hz. Après l'essai de rigidité diélectrique, un **circuit primaire** est alimenté pendant 5 min sous une tension d'essai d'au moins 1,2 fois la **tension d'alimentation assignée**, la fréquence étant égale à deux fois la **fréquence d'alimentation assignée**. Aucune charge n'est connectée au **transformateur**. Pendant l'essai, les enroulements multifilaires, s'il y a lieu, sont connectés en série. Une fréquence d'essai plus élevée que le double de la fréquence d'alimentation peut être utilisée; la durée de la période de connexion, en minutes, étant égale à 10 fois la **fréquence d'alimentation assignée** divisée par la fréquence d'essai, mais pas inférieure à 2 min.*

Au cours des essais ci-dessus , il ne doit se produire aucune perforation de l'isolation entre les spires d'un enroulement, entre les **circuits primaire** et **secondaire**, entre les **circuits primaire** et **secondaire** adjacents, ou entre les enroulements et un noyau conducteur quel qu'il soit.

Si après l'achèvement de l'ensemble des 10 cycles, un ou plusieurs spécimens sont défaillants, le **transformateur** est considéré comme ne satisfaisant pas à l'essai de vieillissement accéléré.

15 Protection contre les courts-circuits et les surcharges

15.1 Général

Les **transformateurs** ne doivent pas devenir dangereux en cas de courts-circuits et de surcharges susceptibles de se produire en usage normal.

*La conformité est vérifiée par examen et par les essais suivants, qui sont effectués immédiatement après l'essai selon 14.1, à la même température ambiante, sans changer la position du **transformateur**, à 1,1 fois la **tension primaire assignée** ou, pour les **transformateurs résistants aux courts-circuits par dispositif incorporé**, à toute valeur de la tension d'alimentation comprise entre 0,9 fois et 1,1 fois la **tension primaire assignée**:*

– *pour les **transformateurs résistants aux courts-circuits par construction,** par les essais de 15.2;*

– *pour les **transformateurs résistants aux courts-circuits par dispositif incorporé**, par les essais de 15.3;*

– *pour les **transformateurs non résistants aux courts-circuits**, par les essais de 15.4;*

– *pour les **transformateurs non dangereux en cas de défaillance**, par les essais de 15.5;*

– *pour les **transformateurs** combinés avec un redresseur, les essais de 15.2 ou 15.3 sont effectués deux fois, une fois avec le court-circuit appliqué sur la borne d'entrée du redresseur et ensuite avec le court-circuit appliqué sur les bornes de sortie du redresseur;*

– *pour les **transformateurs** à plusieurs **enroulements secondaires** ou à **enroulement secondaire** à prises multiples, les résultats à prendre en considération sont ceux qui conduisent à la température la plus élevée. Dans le premier cas, tous les enroulements destinés à être chargés en même temps sont chargés à leur **puissance assignée** et le court-circuit est établi sur **l'enroulement secondaire** sélectionné.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Pour les essais de 15.2, 15.3 et 15.4, les températures ne doivent pas dépasser les valeurs données au Tableau 3 lorsque le ***transformateur*** *fonctionne à sa* ***température ambiante assignée*** *(25 °C ou t_a). Dans les cas où la température dans la zone d'essai est différente de la* ***température ambiante assignée****, cette différence doit être prise en compte lorsque les limites du Tableau 3 sont appliquées.*

Tableau 3 – Valeurs maximales des températures en cas de court-circuit ou de surcharge

Classification de l'isolation	A	E	B	F	H
	Température maximale °C				
Enroulement protégé par construction Paragraphe 15.2	150	165	175	190	210
Enroulement protégé par un dispositif de protection: a) Paragraphes 15.3.2 – 15.3.3 – 15.3.4 – pendant le temps *T* donné au Tableau 4 [a]	200	215	225	240	260
b) Paragraphe 15.3.1 – pendant la première heure, valeur de crête	200	215	225	240	260
– après la première heure, valeur de crête	175	190	200	215	235
– après la première heure, valeur arithmétique moyenne [b]	150	165	175	190	210
c) Paragraphe 15.3.5	175	190	200	215	235
Enveloppes extérieures (qui peuvent être touchées avec le doigt d'épreuve normalisé)	105				
Isolation caoutchouc du câblage	85				
Isolation PVC du câblage	85				
Support (c'est-à-dire tout point situé sur la surface de contreplaqué en pin couverte par le **transformateur**)	105				

[a] La température maximale à considérer est la température maximale atteinte durant et après l'essai en raison de l'inertie thermique du **transformateur**.

[b] La moyenne arithmétique est déterminée de la façon suivante:

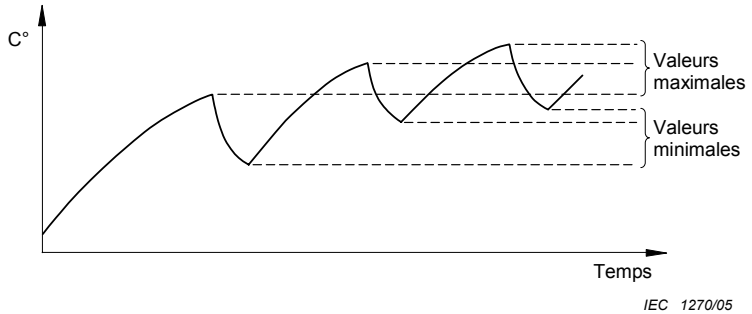
Le graphe de la température en fonction du temps pendant que le **transformateur** est alimenté de façon cyclique est tracé pendant toute la durée de l'essai en considération. La température moyenne arithmétique (t_A) est déterminée par la formule:

$$t_A = (t_{max} + t_{min})/2$$

où:

t_{max} est la moyenne des valeurs maximales

t_{min} est la moyenne des valeurs maximales



IEC 1270/05

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*Pendant l'essai, le **transformateur** ne doit pas émettre de flammes, de métal en fusion, de gaz toxique ou inflammable en quantité dangereuse, et les températures ne doivent pas dépasser les valeurs indiquées au Tableau 3.*

*Pendant et après tous les essais, le **transformateur** doit répondre aux exigences de l'Article 9.*

Après les essais, l'isolation, refroidie approximativement à la température ambiante, doit satisfaire à l'essai de rigidité diélectrique de 18.3.

NOTE L'épreuve d'humidité de 17.2 n'est pas réalisée avant cet essai de rigidité diélectrique.

15.2 Transformateurs résistants aux courts-circuits par construction

*Les **transformateurs résistants aux courts-circuits par construction** sont essayés en court-circuitant les **enroulements secondaires** jusqu'à ce que les conditions d'équilibre soient atteintes.*

15.3 Transformateurs résistants aux courts-circuits par dispositif incorporé

*Les **transformateurs résistants aux courts-circuits par dispositif incorporé** sont essayés comme indiqué ci-dessous.*

15.3.1 *Les bornes secondaires sont mises en court-circuit. Le dispositif de protection contre les surcharges incorporé doit fonctionner avant que la température ne dépasse les valeurs indiquées dans le Tableau 3 pour toute valeur de la tension d'alimentation comprise entre 0,9 fois et 1,1 fois la **tension primaire assignée**.*

15.3.2 *Si la protection est assurée par un fusible conforme soit à la CEI 60269-2, soit à la CEI 60269-3, ou par un fusible techniquement équivalent, le **transformateur** est chargé pendant un temps T avec un courant égal à k fois le courant marqué sur le **transformateur** comme courant assigné de l'élément de remplacement du fusible de protection, où k et T ont la valeur indiquée au Tableau 4. Le courant dans le fusible doit être maintenu constant pendant l'essai. L'élément fusible est remplacé par une connexion d'impédance négligeable.*

Tableau 4 – Valeurs de *T* et *k* pour les fusibles

Valeur indiquée comme courant assigné I_n de l'élément de remplacement du fusible de protection gG A	***T*** h	***k***
$I_n \leq 4$	1	2,1
$4 < I_n < 16$	1	1,9
$16 \leq I_n \leq 63$	1	1,6
$63 < I_n \leq 160$	2	1,6
$160 < I_n \leq 200$	3	1,6

NOTE 1 Pour les fusibles cylindriques gG de type B destinés à être utilisés par des personnes non qualifiées (CEI 60269-3-1) et pour les fusibles utilisables par des personnes autorisées avec des éléments de remplacement pour raccordements boulonnés (CEI 60269-2-1), la valeur de *k* est de 1,6 pour I_n < 16 A.

NOTE 2 Pour les fusibles de type D destinés à être utilisés par des personnes non qualifiées (CEI 60269-3-1) pour un courant assigné de 16 A, la valeur de *k* est de 1,9.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

15.3.3 *Si la protection est assurée par des fusibles miniatures conformes à la CEI 60127 ou par des éléments fusibles de type à lame pour véhicules routiers conformes à l'ISO 8820 ou par un fusible techniquement équivalent, le* ***transformateur*** *est chargé pendant une période correspondante au plus long temps de pré-arc avec le courant adéquat comme spécifié dans la feuille de norme appropriée. Le courant dans le fusible doit être maintenu constant pendant l'essai. L'élément fusible est remplacé par une connexion d'impédance négligeable*

NOTE Un fusible techniquement équivalent est un élément fusible ayant les mêmes caractéristiques temps/courant que l'un de ceux indiqués dans la CEI 60127 ou l'ISO 8820.

Si la protection du ***transformateur*** *est assurée par des fusibles miniatures conformes à la CEI 60127, un essai de surcharge supplémentaire doit être effectué à 1,5 fois le courant assigné du fusible jusqu'à ce que les conditions d'équilibre soient atteintes.*

15.3.4 *Si la protection est assurée par un disjoncteur conforme à la CEI 60898, ou par un disjoncteur techniquement équivalent, le* ***transformateur*** *est chargé pendant le temps requis par la CEI 60898 avec un courant égal à 1,45 fois la valeur du courant assigné du disjoncteur. Le courant dans le fusible doit être maintenu constant pendant l'essai. Le disjoncteur est remplacé par une connexion d'impédance négligeable.*

15.3.5 *Si la protection est assurée par:*

– *un dispositif de protection contre les surcharges autre qu'un fusible conforme à la CEI 60127 ou à la CEI 60269 ou qu'un disjoncteur,*

– *une* ***partie affaiblie intentionnellement****,*

le ***transformateur*** *est chargé avec un courant égal à 0,95 fois la valeur la moins élevée du courant qui provoque le fonctionnement du dispositif, jusqu'à ce que les conditions d'équilibre soient atteintes. Le courant de déclenchement le plus faible est déterminé en commençant par faire fonctionner le* ***transformateur*** *à 100 % de sa* ***puissance assignée*** *et en augmentant progressivement le courant par paliers de 2 % jusqu'à ce que le dispositif de protection fonctionne (chaque palier étant maintenu jusqu'à obtention des conditions d'équilibre).*

Si le dispositif de protection est une ***partie affaiblie intentionnellement****, l'essai ci-dessus est répété sur deux nouveaux échantillons. Pendant l'essai sur le premier de ces nouveaux échantillons, la partie affaiblie doit ouvrir le circuit de la même façon et au même endroit que dans l'essai ci-dessus. Pendant l'essai sur le second échantillon, la température ne doit pas dépasser les valeurs du Tableau 3 dans les conditions d'équilibre.*

15.4 Transformateurs non résistants aux courts-circuits

Les ***transformateurs non résistants aux courts-circuits*** *sont essayés comme indiqué en 15.3. avec le dispositif de protection adéquat spécifié par le constructeur inséré dans le* ***circuit primaire*** *ou* ***secondaire*** *approprié.*

Les ***transformateurs associés****,* ***non résistants aux courts-circuits****, sont essayés dans les conditions les plus défavorables en usage normal, le dispositif de protection spécifié par le constructeur étant inséré dans le* ***circuit primaire*** *ou dans le* ***circuit secondaire****, et dans les conditions de charge les plus défavorables pour le type d'appareil ou de circuit pour lequel le* ***transformateur*** *est conçu. Comme exemples de conditions de charges défavorables, on peut citer le fonctionnement en* ***service permanent, intermittent*** *ou* ***temporaire****..*

15.5 Transformateurs non dangereux en cas de défaillance

15.5.1 Trois spécimens supplémentaires sont utilisés seulement pour l'essai ci-après.

Pendant cet essai, si le **transformateur** est défaillant la coupure doit se produire dans le **circuit primaire**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Chacun des trois spécimens est monté comme en usage normal sur une surface de contre-plaqué de 20 mm d'épaisseur peinte en noir mat et mis en température conformément à 14.1 jusqu'à ce que la température se stabilise. Chaque ***transformateur*** *est alimenté sous 1,1 fois la* ***tension primaire assignée****, l'****enroulement secondaire*** *qui présente l'échauffement le plus élevé pendant l'essai de 14.1 étant initialement chargé à 1,5 fois le* ***courant secondaire assigné*** *(ou, si cela n'est pas possible, à la valeur maximale du courant secondaire que l'on peut obtenir) jusqu'à ce que l'état d'équilibre soit atteint ou que le* ***transformateur*** *soit défaillant (selon ce qui advient en premier).*

Si le ***transformateur*** *est défaillant, il doit, pendant et après les essais, répondre aux critères de 15.5.2.*

Si le ***transformateur*** *n'est pas défaillant, le temps pour atteindre l'état d'équilibre est noté et l'****enroulement secondaire*** *choisi est alors court-circuité. L'essai est poursuivi jusqu'à ce que le* ***transformateur*** *soit défaillant. Pour cette partie de l'essai, le temps jusqu'à la défaillance du spécimen ne doit pas être plus long que le temps nécessaire pour atteindre l'état d'équilibre, et ne doit pas être supérieur à 5 h.*

Le ***transformateur*** *doit devenir défaillant sans danger et répondre, pendant et après les essais, aux critères de 15.5.2.*

15.5.2 *A tout moment, pendant les essais de 15.5.1:*

– *aucune partie de l'****enveloppe*** *des* ***transformateurs*** *pouvant être touchée par le doigt d'essai ne doit présenter une température supérieure à 175 °C;*

– *la température du support en contreplaqué ne doit en aucun endroit dépasser 125 °C;*

– *les* ***transformateurs*** *ne doivent pas émettre de flammes, de matière fondue, de particules incandescentes ou de gouttes brûlantes de matière isolante.*

Après les essais de 15.5.1 et après refroidissement à la température ambiante:

– *les* ***transformateurs*** *doivent résister à un essai de rigidité diélectrique, la tension d'essai étant égale à 35 % des valeurs indiquées à l'Article 18, Tableau 8a. L'essai est effectué entre primaire et* ***masse*** *pour tous les types de* ***transformateurs*** *et, en plus, entre primaire et secondaire pour les* ***transformateurs de sécurité, de séparation de circuits*** *et* ***d'isolement à enroulements séparés;***

– *les* ***enveloppes****, s'il y a lieu, ne doivent pas présenter d'orifices permettant la pénétration du doigt d'épreuve normalisé (Figure 2) jusqu'à des* ***parties actives dangereuses*** *nues. En cas de doute, le contact avec des* ***parties actives dangereuses*** *nues est décelé électriquement, la tension étant de 40 V au moins.*

Si le ***transformateur*** *ne satisfait pas à l'une ou l'autre des parties de ce paragraphe, le* ***transformateur*** *est considéré comme non conforme à l'essai d'endurance ci-dessus*

16 Résistance mécanique

16.1 Généralités

Les **transformateurs** doivent avoir une résistance mécanique suffisante et être construits de façon à pouvoir supporter les manutentions brutales susceptibles de se produire en usage normal.

La conformité est vérifiée par les essais de 16.2 pour les ***transformateurs fixes****, et par les essais de 16.2, 16.3 et 16.4, selon ce qui s'applique, pour les* ***transformateurs mobiles****.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*Après les essais, le **transformateur** ne doit présenter aucun dommage conformément aux exigences de la présente norme. En particulier, les **parties actives dangereuses** ne doivent pas être devenues accessibles lorsqu'elles sont essayées comme indiqué en 9.1.2. Les barrières isolantes ne doivent pas être endommagées et les poignées, les leviers, les boutons et similaires ne doivent pas s'être déplacés sur leurs axes.*

NOTE 1 Les détériorations de la finition, les faibles enfoncements qui ne réduisent pas les **lignes de fuite** ou les **distances d'isolement** au-dessous des valeurs spécifiées à l'Article 26, de même que les petites ébréchures qui n'affectent pas la protection contre les chocs électriques ou l'humidité ne sont pas pris en compte.

NOTE 2 Les fissures non visibles à la vision normale ou corrigée sans grossissement et les fissures superficielles dans des matières moulées renforcées de fibres et matières analogues ne sont pas prises en compte.

De plus, pour l'essai de 16.4, la courbure des broches pendant l'essai n'est pas prise en compte.

16.2 Transformateurs stationnaires

*Le **transformateur,** muni de ses capots ou pièces analogues, est maintenu fermement contre un support rigide et est soumis à trois chocs au moyen du marteau à ressort conforme à la CEI 60068-2-75, avec une énergie de (0,5 ± 0,05) J, appliqués à tous les points, y compris les leviers, poignées, boutons et organes analogues, de la surface extérieure qui protège les **parties actives dangereuses** et qui sont susceptibles d'être faibles en appuyant le nez du marteau perpendiculairement à la surface. Avant que les coups ne soient appliqués, les vis ou écrous des bases et capots sont serrés avec un couple égal aux deux tiers de celui spécifié au Tableau 11.*

En cas de doute quant à l'apparition d'un défaut produit par l'application des coups précédents, le défaut en question n'est pas pris en compte, et le groupe de trois coups est appliqué au même emplacement sur un nouvel échantillon, qui doit alors résister à l'essai.

*Les parties des **transformateurs** ayant un indice IP00 qui ne sont pas accessibles quand le **transformateur** est monté sur un appareil ou un autre équipement ne sont pas soumises à cet essai.*

16.3 Transformateurs mobiles (excepté les transformateurs mobiles avec fiches intégrées pour enfichage dans une prise de courant de l'installation fixe)

*Les **transformateurs mobiles,** excepté les **transformateurs mobiles** avec fiches intégrées pour enfichage dans une prise de courant de l'installation fixe, sont maintenus dans leur position normale d'emploi et sont alors soumis à 100 chutes d'une hauteur de 25 mm, sur une plaque lisse d'acier d'au moins 5 mm d'épaisseur, placée sur un support plan de béton, à une cadence n'excédant pas une chute toutes les 5 s.*

La hauteur de chute doit être mesurée à partir de la partie du spécimen la plus proche de la surface d'essai lorsque le spécimen est suspendu, avant qu'on ne le laisse tomber.

La méthode de libération du spécimen doit être telle que la chute se produise librement depuis la position de suspension, avec un minimum de perturbation au moment de la libération.

*Si le **transformateur** est fourni avec un ou plusieurs **câbles souples externes** fixes, les câbles sont coupés à une longueur de 100 mm.*

16.4 Transformateurs mobiles avec fiches intégrées pour enfichage dans une prise de courant de l' installation fixe

Les **transformateurs** qui sont fournis avec des broches intégrées, prévues pour être introduites dans des prises de courant fixes, doivent avoir une résistance mécanique adéquate.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

La conformité est vérifiée en réalisant les essais a) b) et c) . L'essai a) est réalisé sur 3 échantillons qui doivent tous satisfaire à cet essai. Les deux essais b) et c) sont effectués sur un nouvel échantillon.

a) l'essai est réalisé, dans un tambour tournant comme décrit dans la CEI 60068-2-32. Si le ***transformateur*** *est fourni avec un ou plusieurs câbles souples externes fixes, ils sont coupés à une longueur de 100 mm. Chaque échantillon est essayé individuellement.*

Le tambour est soumis à une rotation de cinq tours par minute conduisant à 10 chutes par minute, le nombre total de chutes étant de:

- *50 si la masse de l'échantillon ne dépasse pas 250 g;*
- *25 si la masse de l'échantillon dépasse 250 g.*

Après l'essai, l'échantillon ne doit pas présenter de dommage au sens de la présente norme, mais il n'est pas nécessaire qu'il soit en état de fonctionner.

De petites parties peuvent être cassées, sous réserve que la protection contre les chocs électriques ne soit pas affectée.

La déformation des broches, les dommages à la finition et les petites ébréchures qui ne réduisent pas les ***lignes de fuite*** *et les* ***distances d'isolement*** *au dessous des valeurs spécifiées en 27.1 de la CEI 60884-1 ne sont pas prises en compte.*

b) Les broches ne doivent pas tourner quand un couple de 0,4 Nm est appliqué, dans une première direction pour 1 min et ensuite dans la direction opposée pour 1 min.

NOTE Cet essai n'est pas réalisé quand la rotation des broches ne compromet pas la sécurité au sens de cette norme.

c) Une force de traction comme indiqué au Tableau 5 est appliquée sans à-coups, pendant 1 min sur chaque broche à tour de rôle, dans la direction de l'axe longitudinal de la broche.

La force de traction est appliquée à l'intérieur d'une enceinte thermique à une température de (70 ± 2) °C, 1 h après que l'appareil ait été placé dans l'enceinte thermique.

Tableau 5 – Force de traction sur les broches

Valeur assignée du type de fiches équivalentes	Nombre de pôles	Force de traction N
Jusqu'à 10 A inclus 130/250 V	2 3	40 50
Supérieur à 10 A jusqu'à 16 A inclus 130/250 V	2 3	50 54
Supérieur à 10 A jusqu'à 16 A inclus 440 V	3 Plus de 3	54 70

Pour les besoins de cet essai, les contacts de terre de protection, indépendamment de leur nombre, sont considérés comme un pôle.

Après l'essai et après que l'appareil soit revenu à température ambiante, les broches ne doivent pas avoir été déplacées dans le corps du dispositif de plus de 1 mm.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

17 Protection contre les effets nuisibles dus à la pénétration de poussière, d'objets solides et de l'humidité

17.1 Degré de protection fourni par les enveloppes (code IP)

L'**enveloppe** d'un **transformateur** doit procurer le degré de protection contre la pénétration de poussière, d'objets solides et de l'humidité conformément à la classification du **transformateur** et au code IP marqué sur le **transformateur**, à l'exception de IP1X qui doit être marqué et testé comme un IP00.

NOTE Une explication du système de chiffres IP est donnée à l'Annexe Q.

La conformité est vérifiée par l'essai approprié spécifié en 17.1.1, et pour les autres valeurs d'IP par l'essai approprié spécifié dans la CEI 60529.

*Avant l'essai du deuxième chiffre caractéristique, à l'exception de l'IPX8, le **transformateur** doit être alimenté avec la **puissance assignée** et porté à une température de fonctionnement stable à la tension assignée.*

L'eau pour l'essai doit être à une température de 15 °C ± 10 °C.

*Les **transformateurs** doivent être montés et câblés comme en usage normal avec, s'il y a lieu, une fiche appropriée insérée au **circuit secondaire**.*

*Les **transformateurs** non pourvus d'un **câble souple externe** sont équipés de conducteurs externes, comme spécifié à l'Article 22, le type et la section les plus défavorables étant utilisés.*

*Pour les essais du 17.1.1 A à J un **transformateur installé à poste fixe** prévu pour montage avec sa **masse** en contact avec une surface doit être essayé sur une planche égale à la taille hors tout de la projection du **transformateur**, s'il n'en est pas autrement spécifié.*

*Les **transformateurs** avec **enveloppes** ayant des dispositions pour l'écoulement de l'eau au moyen de trous de drainage doivent être montés avec le trou placé le plus bas ouvert à moins qu'il n'en soit spécifié autrement dans les instructions d'installation du constructeur. Les ouvertures de ventilation sont laissées ouvertes pendant l'essai.*

*Les **transformateurs mobiles**, câblés comme en usage normal, doivent être placés dans la position la plus défavorable de l'utilisation normale.*

S'il y a des presse-étoupe, ils doivent être serrés avec un couple égal aux deux tiers de ceux appliqués aux presse-étoupe en 25.6.

*Après achèvement des essais, le **transformateur** doit résister à l'essai de rigidité diélectrique spécifié en 18.3 et une inspection ne doit montrer*

*a) aucun dépôt de poudre de talc à l'intérieur des **enveloppes** des **transformateurs** résistants à la poussière, tel que, si la poudre était conductrice, l'isolation ne répondrait plus aux exigences de cette norme;*

*b) aucun dépôt de poudre de talc à l'intérieur des **enveloppes** pour les **transformateurs** étanches aux poussières;*

*c) aucune trace d'eau sur les **parties actives** sauf les sorties TBTS de moins de 15 V courant alternatif ou de 25 V courant continu lissé, ou sur l'isolation, quand cela peut présenter un risque pour l'utilisateur ou le voisinage, par exemple quand les **lignes de fuite** risquent d'être réduites à une valeur inférieure à celles spécifiées à l'Article 26;*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*d) aucune accumulation d'eau à l'intérieur des **enveloppes** des **transformateurs** protégés contre les chutes verticales de gouttes d'eau, contre l'eau tombant en pluie, contre les projections d'eau et les jets d'eau susceptibles de dégrader la sécurité;*

*e) aucune eau ou trace d'eau ayant pénétré à l'intérieur de l'**enveloppe** d'un **transformateur** étanche à l'immersion;*

*f) aucune entrée du calibre d'essai correspondant dans l'**enveloppe** du **transformateur,** pour les **transformateurs** protégés contre la pénétration des corps solides.*

17.1.1 Essais sur les transformateurs ayant une enveloppe

*A Les **transformateurs** protégés contre la pénétration des corps solides (degré 2 du premier chiffre IP) doivent être essayés avec le doigt d'épreuve normalisé spécifié dans la CEI 60529 et la broche d'essai spécifiée à la Figure 3 selon les exigences des Articles 9 et 26.*

*B Les **transformateurs** protégés contre la pénétration des corps solides (degrés 3 et 4 du premier chiffre IP) doivent être essayés au moyen d'un calibre d'essai correspondant au calibre C ou D de la CEI 61032 appliqué en tout endroit possible (à l'exception des joints) avec une force spécifiée, comme indiqué ci-après:*

Tableau 6 – Essai des transformateurs protégés contre la pénétration des corps solides

	Calibre d'essai selon la CEI 61032	Diamètre du fil du calibre mm	Force d'application
Degré 3 du premier chiffre IP	C	$2{,}5^{+0{,}05}_{0}$	3 N ± 10 %
Degré 4 du premier chiffre IP	D	$1^{+0{,}05}_{0}$	1 N ± 10 %

L'extrémité du calibre doit être exempte d'aspérités et être sectionnée, à ses deux extrémités, à angle droit..

*C Les **transformateurs** protégés contre les poussières (degré 5 du premier chiffre IP) sont essayés dans une enceinte à poussière analogue à celle que représente la Figure 2 de la CEI 60529, dans laquelle un courant d'air maintient en suspension de la poudre de talc; pendant l'essai, la pompe à vide indiquée n'est pas raccordée. L'enceinte doit contenir 2 kg de poudre de talc par mètre cube de son volume. La poudre de talc utilisée doit passer par un tamis à mailles carrées construit en fil de 50 µm de diamètre nominal avec espacement nominal entre les fils de 75 µm; ce tamis doit admettre les particules de taille supérieure ou égale à 1 µm dont au moins 50 % du poids en dessous de 5 µm. Il ne doit pas être utilisé pour plus de 20 essais.*

L'essai doit être effectué de la façon suivante:

*a) le **transformateur** est suspendu à l'extérieur de l'enceinte à poussière et il est mis en fonctionnement à sa **puissance assignée** jusqu'à ce que la température de fonctionnement soit atteinte;*

*b) le **transformateur**, toujours en fonctionnement, est placé dans l'enceinte à poussière en prenant soin d'apporter le moins de trouble possible;*

c) la porte de l'enceinte à poussière est fermée;

d) le ventilateur mettant la poudre de talc en suspension est mis en marche;

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*e) après 1 min on coupe l'alimentation du **transformateur** et on le laisse refroidir pendant 3 h, la poudre de talc restant en suspension.*

NOTE 1 L'intervalle d'1 min entre la mise en marche du ventilateur et le moment où on coupe l'alimentation du **transformateur** permet de s'assurer que le talc est bien en suspension autour du **transformateur** pendant la période initiale de refroidissement, laquelle est la plus importante dans le cas des petits **transformateurs**. Le **transformateur** est mis en fonctionnement au début de l'essai comme indiqué au point a) pour assurer que l'enceinte d'essai n'est pas surchauffée.

NOTE 2 Ce traitement de condition d'essai correspond à la catégorie 1 de la CEI 60529.

*D Les **transformateurs** étanches aux poussières (degré 6 du premier chiffre IP) sont essayés conformément à C.*

*E Les **transformateurs** protégés contre les chutes d'eau verticales (degré 1 du second chiffre IP) sont soumis pendant 10 min à une pluie artificielle de 3 mm/min au moyen du dispositif représenté à la Figure 3 de la CEI 60529, tombant verticalement d'une hauteur de 200 mm sur le dessus du **transformateur**.*

*F Les **transformateurs** protégés contre les chutes d'eau verticales (degré 2 du second chiffre IP) sont inclinés d'un angle quelconque pouvant aller jusqu'à 15° et sont soumis pendant 10 min à une pluie artificielle de 3 mm/min au moyen du dispositif représenté à la Figure 3 de la CEI 60529, tombant verticalement d'une hauteur de 200 mm sur le dessus du **transformateur**.*

*G Les **transformateurs** protégés contre les projections d'eau (degré 3 du second chiffre IP) sont arrosés pendant 10 min au moyen de l'appareil représenté à la Figure 4 de la CEI 60529. Le rayon du tube semi-circulaire doit être aussi petit que possible et compatible avec la taille et la position du **transformateur**.*

Le tube doit être perforé de manière que les jets d'eau soient dirigés vers le centre du cercle et la pression de l'eau à l'entrée de l'appareil doit être approximativement de 80 kN/m^2.

Le tube doit osciller sur un angle de 120°, soit 60° de chaque côté de la verticale, la durée d'une oscillation complète (2 × 120°) étant d'environ 4 s.

*Le **transformateur** doit être monté au-dessus de l'axe de pivotement du tube de façon que les extrémités du **transformateur** soient convenablement arrosés par les jets. Le **transformateur** doit pivoter autour de son axe vertical comme spécifié dans la CEI 60529.*

*Après cette période de 10 min, on doit couper l'alimentation du **transformateur** et le laisser refroidir naturellement tandis que l'aspersion d'eau est maintenue 10 min de plus.*

*H Les **transformateurs** protégés contre les éclaboussures d'eau (degré 4 du second chiffre IP) sont arrosés de toutes les directions pendant 10 min au moyen de l'appareil représenté à la Figure 4 de la CEI 60529 et décrit en F. Le **transformateur** doit être monté au-dessous de l'axe de pivotement du tube de façon que les extrémités du **transformateur** soient convenablement arrosés par les jets.*

*Le tube doit osciller sur un angle de presque 360°, 180° de part et d'autre de la verticale, la durée d'une oscillation (2 × 360°) étant d'environ 12 s. Le **transformateur** doit pivoter autour de son axe vertical comme spécifié dans la CEI 60529.*

*Le support du matériel essayé doit être en forme de grille pour éviter qu'il fasse écran. Après cette période de 10 min, on doit couper l'alimentation du **transformateur** et le laisser refroidir naturellement tandis que l'aspersion d'eau est maintenue 10 min de plus.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*l Les **transformateurs** protégés contre les jets d'eau sont mis hors tension et immédiatement soumis en tous sens à un jet d'eau pendant 15 min au moyen d'un tuyau muni d'une buse dont les dimensions et la forme sont indiqués à la Figure 6 de la CEI 60529, la dimension D' étant de 6,3 mm. La buse doit être tenue à 3 m de l'échantillon.*

Le débit de l'écoulement d'eau doit être de 12,5 l/min.

*J Les **transformateurs** de puissance protégés contre les jets d'eau sont mis hors tension et immédiatement soumis en tous sens à un jet d'eau pendant 3 min au moyen d'un tuyau muni d'une buse dont les dimensions et la forme sont indiqués à la Figure 6 de la CEI 60529, la dimension D' étant de 12 mm. La buse doit être tenue à 3 m de l'échantillon.*

Le débit de l'écoulement d'eau doit être de 100 l/min.

*K Les **transformateurs** étanches à l'immersion (degré 7 du second chiffre IP) sont mis hors tension et immédiatement immergés dans l'eau pendant 30 min, de manière qu'il y ait au moins 150 mm d'eau au-dessus du sommet du **transformateur** et que sa partie la plus basse soit située au moins à 1 m sous l'eau. Les **transformateurs** doivent être tenus en position par leurs moyens normaux de fixation.*

NOTE Ce procédé n'est pas suffisamment sévère pour les **transformateurs** destinés à fonctionner sous l'eau.

*L Les **transformateurs** étanches à l'immersion sous pression (degré 8 du second chiffre IP) sont chauffés soit par leur fonctionnement soit par tout autre moyen adapté, de sorte que la température de l'**enveloppe** du **transformateur** dépasse celle de l'eau dans le réservoir d'essai de 5 °C à 10 °C.*

*Le **transformateur** doit alors être mis hors tension et soumis à une pression d'eau égale à 1,3 fois la pression qui correspond à la profondeur maximale d'immersion assignée, pendant une période de 30 min.*

17.2 Traitement hygroscopique

Les **transformateurs** doivent résister aux conditions d'humidité susceptibles de se produire en usage normal.

La conformité est vérifiée par le traitement hygroscopique décrit dans le présent paragraphe, suivi immédiatement des essais de l'Article 18.

*Les **transformateurs** destinés à être reliés à demeure à l'alimentation sont essayés équipés de leurs câbles d'alimentation, mais avec les entrées de câbles ouvertes. Si le transformateur est pourvu de plusieurs entrées défonçables qui sont positionnées en divers emplacements de l'**enveloppe**, l'entrée défonçable qui produit la condition la plus défavorable sera défoncée. Les **transformateurs** destinés à être utilisés avec un **câble souple externe** sont essayés avec le câble et les entrées de câbles correctement montés.*

*Les composants électriques, les capots et les autres éléments qui peuvent être enlevés sans l'aide d'un **outil** sont retirés et soumis, si nécessaire, en même temps que la partie principale, au traitement hygroscopique.*

L'épreuve hygroscopique est effectuée dans une enceinte humide contenant de l'air avec une humidité relative maintenue entre 91 % et 95 %. La température de l'air, en tout endroit où les spécimens peuvent être placés, est maintenue, à 1 °C près, à une valeur appropriée t comprise entre 20 °C et 30 °C.

Avant d'être placé dans l'enceinte humide, le spécimen est porté à une température comprise entre t et (t + 4) °C.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Le spécimen est maintenu dans l'enceinte pendant:

– *deux jours (48 h) pour les **transformateurs** ayant un indice de protection IP20, ou moins;*

– *sept jours (168 h) pour les autres **transformateurs**.*

Pour porter le spécimen à la température spécifiée, il convient, dans la plupart des cas, de le laisser séjourner à cette température pendant 4 h au moins avant le traitement hygroscopique.

NOTE L'humidité relative de 91 % à 95 % peut être obtenue en plaçant dans l'enceinte humide une solution saturée de sulfate de sodium (Na_2SO_4) ou de nitrate de potassium (KNO_3) dans de l'eau, cette solution ayant une surface de contact avec l'air dans l'enceinte suffisamment étendue. Les conditions imposées pour l'enceinte humide exigent un brassage constant de l'air et, en général, une isolation thermique de l'enceinte.

*Après ce traitement et les essais de l'Article 18, le **transformateur** ne doit présenter aucun dommage au sens de la présente norme.*

18 Résistance d'isolement, rigidité diélectrique et courant de fuite

18.1 Généralités

La résistance d'isolement et la rigidité diélectrique des **transformateurs** doivent avoir des valeurs appropriées.

La conformité est vérifiée par les essais de 18.2 à 18.5 qui sont exécutés immédiatement après l'essai de 17.2, dans l'enceinte humide ou dans la salle où le spécimen a été porté à la température prescrite, après remise en place des éléments qui ont été éventuellement retirés.

18.2 Résistance d'isolement

La résistance d'isolement ne doit pas être inférieure à celle indiquée au Tableau 7.

On mesure la résistance d'isolement sous une tension continue de 500 V environ, après 1 min d'application de la tension.

Tableau 7 – Valeur des résistances d'isolement

Isolation à essayer	**Résistance d'isolement** MΩ
Entre **parties actives dangereuses** et la **masse**:	
– dans le cas d'une **isolation principale**	2
– dans le cas d'une **isolation renforcée**	7
Entre **circuits primaires** et **circuits secondaires** (**isolation principale**)	2
Entre **circuits primaires** et **circuits secondaires** (**isolation double** ou **renforcée**)	5
Entre chaque **circuit primaire** et tous les autres **circuits primaires** connectés ensemble	2
Entre chaque **circuit secondaire** et tous les autres **circuits secondaires** connectés ensemble	2
Entre **parties actives dangereuses** et **parties conductrices** des **transformateurs** de classe II qui sont séparées des **parties actives dangereuses** par une **isolation principale** seulement	2
Entre **parties conductrices** des **transformateurs** de classe II qui sont séparées des **parties actives dangereuses** par une **isolation principale** seulement et la **masse**	5
Entre deux feuilles métalliques appliquées sur les surfaces interne et externe des **enveloppes** en matière isolante des **transformateurs** de la classe II	7

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.3 Essai de rigidité diélectrique

Immédiatement après l'essai de 18.2, l'isolation est soumise pendant 1 min à une tension de rigidité diélectrique pratiquement sinusoïdale, à 50/60 Hz. La valeur de la tension d'essai de rigidité diélectrique et les points d'application sont indiqués au Tableau 8a.

Les résistances, condensateurs et autres composants sont déconnectés avant de réaliser l'essai.

Tableau 8a – Tableau des tensions d'essai de rigidité diélectrique

Points d'application de la tension d'essai de rigidité diélectrique [a]	**Tension locale V** [b]				
	<50	**150**	**300**	**600**	**1 000**
1) Entre **parties actives** des **circuits primaires** et **parties actives** des **circuits secondaires** (**isolation principale**)	250	1 400	2 100	2 500	2 750
2) Entre **parties actives** des **circuits primaires** et **parties actives** des **circuits secondaires** (**isolation double** ou **renforcée**)	500	2 800	4 200	5 000	5 500
3) A travers l'**isolation principale** ou **supplémentaire**, entre: a) les **parties actives** de polarité différente – dans un même enroulement: pas d'essai (**isolation fonctionnelle** seulement) – autre qu'un enroulement: l'essai s'applique b) les **parties actives** et la **masse** si elle est destinée à être connectée au conducteur à la terre de protection c) les **parties conductrices** accessibles et une tige de métal de même diamètre que le câble souple (ou une feuille métallique enroulée autour du câble) insérée dans les traversées, dispositifs de protection et d'arrêt, et dispositifs analogues d) les **parties actives** et une **partie conductrice** intermédiaire e) les **parties conductrices** intermédiaires et la **masse** f) chaque **circuit primaire** et tous les autres **circuits primaires** connectés ensemble.	250	1 400	2 100	2 500	2 750
4) A travers l'**isolation renforcée** entre la **masse** et les **parties actives**	500	2 800	4 200	5 000	5 500

[a] Pour les constructions conformes aux 19.12.3 b) et 26.2.4.1 essai b), la tension est multipliée par le facteur 1,25. Pour les constructions conformes au 26.2.4.2, la tension est multipliée par le facteur 1,35.

[b] Les valeurs de tension d'essai de rigidité diélectrique pour les valeurs intermédiaires de **tension locale** sont obtenues par interpolation entre les valeurs du tableau.

Au cours de l'essai, il ne doit se produire ni contournement ni claquage des matériaux isolants et/ou du système. Les effets corona et phénomènes similaires ne sont pas pris en considération. L'Annexe N donne des exemples d'application des tensions d'essai.

Des détails sur la méthode d'essai à suivre sont donnés dans la CEI 61180-1 et la CEI 61180-2

*Le **transformateur** à haute tension utilisé pour l'essai doit être capable de fournir un courant d'au moins 200 mA lorsque les bornes de sortie sont court-circuitées.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*Des précautions doivent être prises pour que les tensions d'essai diélectriques appliquées entre les **circuits primaires** et **secondaires** ne provoquent pas de contraintes supplémentaires pour les autres isolations. Si le constructeur indique qu'il existe une **double isolation** entre les **circuits primaires** et **secondaires**, par exemple entre le **circuit primaire** et le noyau et entre le noyau et le **circuit secondaire**, chaque isolation est essayée séparément avec les tensions d'essai diélectriques du point 3 du Tableau 8a. La même procédure s'applique dans le cas d'une **double isolation** entre le **circuit primaire** et la **masse**.*

*Pour des situations de la classe II, comportant à la fois une **isolation renforcée** et une **double isolation**, des précautions doivent être prises pour que la tension d'essai diélectrique appliquée à l'**isolation renforcée** ne provoque pas de contraintes supplémentaires à l'**isolation principale** ou à l'**isolation supplémentaire**.*

18.4 Isolation entre et à l'intérieur des enroulements

*Après l'essai de 18.3, un **circuit primaire** est alimenté pendant 5 min sous une tension égale à deux fois la **tension primaire assignée**, la fréquence étant égale à deux fois la **fréquence assignée**. Aucune charge n'est connectée au **transformateur**. Pendant l'essai, les enroulements multifilaires, s'il y a lieu, sont connectés en série. Cet essai s'applique uniquement aux **transformateurs** ayant une **fréquence d'alimentation assignée** inférieure à 500 Hz.*

*Une fréquence d'essai plus élevée que deux fois la fréquence d'alimentation peut être utilisée, la durée de la période d'alimentation, en minutes, étant alors égale à 10 fois le quotient de la **fréquence d'alimentation assignée** par la fréquence d'essai, sans être inférieure à 2 min.*

*Au cours de l'essai, il ne doit se produire aucune perforation de l'isolation entre les spires d'un enroulement, entre les **circuits primaires** et **secondaires**, entre les **circuits primaires** ou **secondaires** adjacents, ou entre les enroulements et le noyau conducteur.*

18.5 Courant de contact et courant dans le conducteur de terre de protection

Le **courant de contact** et le **courant dans le conducteur de terre de protection** sont mesurés de la façon ci-dessous décrite en 18.5.1 et 18.5.2.

Pour les **transformateurs** variables ou **transformateurs** ajustables, il faut choisir la configuration la plus défavorable. Pour les **transformateurs** ayant plus d'un **enroulement** au **primaire** ou au **secondaire**, la combinaison la plus défavorable doit être choisie.

La méthode de mesure décrite ici est basée sur l'hypothèse que le **transformateur** est utilisé dans un système en étoile TN ou TT, c'est-à-dire le **transformateur** connecté entre la phase (L) et le neutre (N). Pour les autres systèmes, se référer aux parties correspondantes de la CEI 60990.

Pour les connexions polyphasées, la même procédure est utilisée, mais la ou les mesures sont faites sur une phase à la fois. Les limites applicables sont les mêmes pour chaque phase.

Le **courant de contact** et le **courant dans le conducteur de terre de protection** sont mesurés avec le **transformateur** chargé comme décrit à l'Article 14 et les mesures sont faites une fois les conditions d'équilibre établies.

NOTE Pour éviter les essais superflus, il est recommandé d'effectuer cette mesure en concordance avec les essais d'échauffement de l'Article 14.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

18.5.1 Courant de contact

Pour les **enveloppes** en matière isolante, une feuille métallique de 10 cm x 20 cm est mise en contact avec les surfaces accessibles et la mesure est effectuée sur cette feuille. Pour les parties isolées de classe II sur un **transformateur de classe I**, le **courant de contact** doit être mesuré en même temps sur les deux parties.

*Pendant les mesures, un circuit d'essai conforme à la Figure 8 doit être utilisée. Le circuit d'essai doit employer un **transformateur de séparation de circuit** et le conducteur «neutre» connecté au réseau de mesure doit être mis à la terre de façon fiable pour des raisons de sécurité. Pour les **transformateurs de classe II**, le conducteur de terre de protection est ignoré. Le réseau de mesure est celui décrit en Figure J1 de l'Annexe J. Cependant, si des fréquences supérieures à 30 KHz sont impliquées, la mesure du **courant de contact** doit comprendre une mesure tenant compte des effets de brûlure électrique en plus des mesures de la Figure J1. La valeur efficace non pondérée du **courant de contact** correspond aux effets de brûlure. Le **courant de contact** non pondéré est calculé à partir de la tension efficace U_1, mesurée aux bornes de la résistance de 500 Ω de la Figure J1.*

L 'électrode de la borne A doit être appliquée à chaque partie accessible à tour de rôle.

Pour chaque application de l'électrode de la borne A, l'électrode de la borne B doit être appliquée à la terre puis appliquée à chaque autre partie accessible à tour de rôle.

Mesures:

*Le **courant de contact** est mesuré avec l'interrupteur dans les deux positions et avec les combinaisons d'interrupteurs e et n suivantes:*

– *interrupteurs n et e en position marche;*
– *interrupteur n en position arrêt et interrupteur e en position marche;*
– *interrupteur n en position marche et interrupteur e en position arrêt.*

Pour chaque application des électrodes des bornes A et B et pour chaque combinaison des interrupteurs p, e, et n, le **courant de contact** mesuré doit être égal ou inférieur aux valeurs du Tableau 8b.

18.5.2 Courant dans le conducteur de terre de protection

*Le courant dans le **conducteur de terre de protection** est mesuré avec le **transformateur** connecté comme indiqué à l'Article 14. De plus, un ampèremètre d'impédance négligeable (moins de 0,5 Ω) est branché entre la borne de terre du **transformateur** et le **conducteur de terre de protection**.*

*Le ou les courants dans le **conducteur de terre de protection** ne doivent pas dépasser la ou les valeurs suivantes:*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau 8b – Courants limites

Type de courant de fuite	Courant assigné	Limite maximale (valeur efficace)
Courant de contact: Tous les **transformateurs de classe I** et **II** équipés de prises conformes à la CEI 60083	–	0,5 mA
Courant dans le conducteur de protection:	≤ 4 A	2 mA
– transformateurs de classe I munis d'une prise monophasée ou polyphasée pour des courants allant jusqu'à 32 A inclus	> 4 A mais ≤ 10 A	0,5 mA/A
	>10 A	5 mA
- **transformateurs de classe I** destinés à être connectés en permanence	≤ 7 A	3,5 mA
	> 7 A mais ≤ 20 A	0,5 mA/A
	> 20 A	10 mA

La valeur à observer pendant la mesure est la valeur de crête. La valeur de crête peut être transformée en valeur efficace en utilisant un oscilloscope de bonne qualité.

NOTE Les normes CEI 60909 et 61140 (paragraphe 7.5) contiennent de plus amples explications concernant la mesure du **courant de contact** et du **courant dans le conducteur de protection**.

19 Construction

19.1 Les **circuits primaires** et **secondaires** doivent en général être séparés les uns des autres comme spécifiés dans la partie 2 correspondante. La construction doit être telle qu'il n'y ait pas possibilité de connexion entre ces circuits, directement ou indirectement, à travers d'autres **parties conductrices**, à l'exception d'une action délibérée.

19.2 Les matériaux connus comme étant hautement inflammables, tels que le celluloïd, ne doivent pas être utilisés dans la construction des **transformateurs**.

Le coton, la soie, le papier et les matériaux fibreux analogues ne doivent pas être utilisés comme isolants, sauf s'ils sont imprégnés.

La cire et les matériaux d'imprégnation analogues ne doivent pas être utilisés, sauf s'il n'y a pas de risque de migration.

La conformité est vérifiée par examen et, en cas de doute en ce qui concerne la combustion violente des matériaux, par l'essai au fil incandescent de 27.3 à 550 °C.

NOTE Une matière est considérée comme imprégnée si un revêtement isolant (résine époxyde, vernis, etc.) approprié remplit pratiquement les interstices entre les fibres de la matière.

Le bois ne doit pas être utilisé comme **isolation supplémentaire** ou **renforcée**, même s'il est imprégné.

19.3 Les **transformateurs mobiles** doivent être soit des **transformateurs résistants aux courts-circuits**, soit des **transformateurs non dangereux en cas de défaillance**.

La conformité est vérifiée par examen.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

19.4 Des précautions doivent être prises pour éviter, pour les **transformateurs de classe II**, un contact entre des **parties conductrices** accessibles et des conduits ou des gaines métalliques des conducteurs d'alimentation.

La conformité est vérifiée par examen.

19.5 Les parties des **transformateurs de classe II** qui constituent une **isolation supplémentaire** ou une **isolation renforcée** et qui pourraient être oubliés lors du remontage après des opérations d'entretien doivent être:

– soit fixées de façon à ne pouvoir être enlevés sans être sérieusement endommagés;

– soit conçues de façon qu'elles ne puissent pas être replacées dans une position incorrecte et que, si elles sont oubliées, le **transformateur** ne puisse fonctionner ou soit manifestement incomplet.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai à la main.

NOTE 1 Toutefois, une gaine peut être utilisée comme **isolation supplémentaire** sur des conducteurs internes si elle est maintenue en place par des moyens efficaces.

NOTE 2 Une gaine est considérée comme fixée efficacement si on ne peut l'enlever qu'en la cassant ou en la coupant, ou si elle est fixée à ses deux extrémités.

NOTE 3 Les opérations d'entretien comprennent le remplacement des **câbles d'alimentation**, lorsque leur mode de fixation le permet, des interrupteurs et des dispositifs de protection.

NOTE 4 Un revêtement d'**enveloppe** métallique émaillé ou en autre matériau, sous forme de couche, qui ne satisfait pas à l'essai de 19.10, n'est pas considéré comme satisfaisant à ces exigences.

19.6 Les **transformateurs de classe I** et de la **classe II** doivent être construits de façon que, si des fils, des vis, des écrous, des rondelles, des ressorts ou des pièces analogues se desserrent ou se détachent, ils ne puissent pas, en usage normal, se placer dans une position telle que les **lignes de fuite** ou les **distances d'isolement** sur une **isolation supplémentaire** ou une **isolation renforcée**, ou la distance entre les bornes primaires et secondaires, soient réduites à moins de 50 % de la valeur spécifiée à l'Article 26.

La conformité est vérifiée par examen, par des mesures et par un essai à la main.

NOTE Pour les besoins de cette exigence:

– il est admis que deux fixations indépendantes ne se détachent pas simultanément;

– les parties fixées au moyen de vis ou d'écrous et de rondelles de blocage sont considérées comme n'étant pas susceptibles de se desserrer, à condition qu'il ne soit pas nécessaire de retirer ces vis ou ces écrous lors du remplacement du câble souple d'alimentation ou d'autres opérations d'entretien;

– les conducteurs connectés par soudure ne sont pas considérés comme suffisamment fixés, à moins qu'ils soient maintenus en place à proximité de l'extrémité soudée au moyen d'un dispositif tel que l'accrochage à travers un trou, indépendamment de la soudure;

– les bornes sans vis conformes à la CEI 60998-2-2 sont considérées comme assurant une fixation convenable du conducteur sans qu'il y ait besoin de moyens supplémentaires;

– les conducteurs connectés aux bornes ne sont pas considérés comme suffisamment fixés, à moins qu'une fixation supplémentaire d'un type approprié ne soit prévue à proximité de la borne; dans le cas d'âmes câblées, cette fixation supplémentaire serrera la gaine isolante et pas seulement l'âme;

– des conducteurs rigides courts ne sont pas considérés comme susceptibles de s'échapper d'une borne, s'ils restent en position lorsque la vis de la borne est desserrée.

19.7 Les **parties conductrices** connectées à des **parties conductrices** accessibles au moyen de résistances ou de condensateurs doivent être séparées des **parties actives dangereuses** par une **isolation double ou renforcée**.

*La conformité est vérifiée par tous les essais et exigences correspondants pour l'**isolation double** ou l'**isolation renforcée**.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

19.8 Les **parties conductrices** séparées par une **isolation double** ou **renforcée** (par exemple, **parties actives** et **masse**, **circuit primaire** et **circuit secondaire**, etc.) peuvent être reliées (pont conducteur) par des résistances ou des condensateurs Y2 à condition que ceux-ci se composent d'au moins deux composants séparés dont l'impédance risque peu de varier significativement pendant la durée de vie du **transformateur**.

Si des résistances sont utilisées, elles doivent être conformes à l'essai (a) du 14.1 de la CEI 60065. Si des condensateurs sont utilisés, ils doivent être conformes aux exigences contenues dans la CEI 60384-14 qui s'appliquent.

Lorsque deux condensateurs sont utilisés en série, ils doivent être assignés pour la tension locale totale entre les deux parties et doivent avoir la même valeur de capacité nominale. Si l'un des deux composants est court-circuité ou débranché, les valeurs spécifiées dans l'Article 9 ne doivent pas être dépassées.

De plus, si la **tension locale** n'excède pas 250 V, des **parties conductrices** séparées par une **isolation double** ou **renforcée**, (par exemple, **parties actives** et **masse**, **circuit primaire** et **circuit secondaire**) peuvent être reliées par un simple condensateur Y1 conforme aux exigences de la CEI 60384-14 qui s'appliquent.

NOTE Un condensateur Y1 est considéré fournir une isolation renforcée.

La conformité est vérifiée par examen et par des mesures

19.9 Les matériaux isolants séparant les **enroulements primaires** et **secondaires** et les éléments de caoutchouc naturel ou synthétique utilisés comme **isolation supplémentaire** dans des **transformateurs de classe II** doivent soit résister au vieillissement, soit être disposés et dimensionnés de façon que les **lignes de fuite** ne soient pas réduites au-dessous des valeurs spécifiées à l'Article 26, quelles que soient les craquelures qui peuvent se produire.

La conformité est vérifiée par examen, par des mesures et, en cas de doute sur les propriétés au vieillissement du caoutchouc, par l'essai suivant.

Les parties de caoutchouc sont vieillies dans une atmosphère d'oxygène sous pression. Les spécimens sont suspendus librement dans une bombe à oxygène, la capacité effective de la bombe étant au moins 10 fois le volume des spécimens. La bombe est remplie d'oxygène commercial pur au moins à 97 %, à une pression de (210^{+7}_{0}) *N/cm*^{2}*.*

Les spécimens sont laissés dans la bombe pendant quatre jours (96 h) à une température de (70^{+1}_{0}) *°C. Immédiatement après, ils sont retirés de la bombe et laissés à la température ambiante pendant au moins 16 h, en évitant la lumière du jour.*

Après l'essai, les spécimens sont examinés et ne doivent pas présenter de craquelures visibles à l'œil nu ou à la vision corrigée sans grossissement.

NOTE En cas de doute sur des matériaux autres que le caoutchouc, un essai spécial peut être réalisé (cf. 14.3 et 26.3).

L'utilisation de la bombe à oxygène présente des dangers, à moins d'être manipulée avec attention. Il convient de prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter le risque d'une explosion due à une soudaine oxydation.

19.10 Lorsque la protection des **parties actives dangereuses** contre les contacts accidentels est réalisée par revêtement isolant, ce revêtement doit être capable de satisfaire aux essais suivants.

a) Essai de vieillissement

La partie revêtue est soumise aux conditions décrites dans la Section un (essai Ba) de la CEI 60068-2-2, à une température de (70 ± 2) °C et pendant une durée de sept jours (168 h).

Après ce traitement, on laisse refroidir la partie jusqu'à la température ambiante et l'examen ne doit révéler aucun décollement ni retrait du revêtement.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) Essai de choc

La partie est alors conditionnée, pendant une période de 4 h, à une température de (–10 ± 2) °C. Le revêtement étant toujours à cette température, on applique un choc en tout point de la surface susceptible de présenter une faiblesse, au moyen du marteau à ressort selon la CEI 60068-2-63 avec l'énergie de (0,5 ± 0,05) J.

Après cette essai, le revêtement ne doit pas être endommagé; en particulier, il ne doit pas présenter de craquelures visibles à la vision normale ou corrigée sans grossissement.

c) Essai de résistance aux rayures

Enfin, la partie à la température la plus élevée atteinte dans les conditions normales d'emploi est soumise à un essai de rayures. Les rayures sont faites au moyen d'une broche d'acier trempé dont l'extrémité à la forme d'un cône ayant un angle au sommet de 40°, cette pointe étant arrondie suivant un rayon de (0,25 ± 0,02) mm.

On trace les rayures en déplaçant la broche le long de la surface à une vitesse d'environ 20 mm/s comme indiqué à la Figure 4. La charge appliquée à la broche est telle que la force exercée le long de son axe est de (10 ± 0,5) N. Les rayures sont écartées d'au moins 5 mm et situées à au moins 5 mm du bord du spécimen.

Après cette essai, le revêtement ne doit pas s'être détaché ni être percé, et il doit satisfaire à un essai de rigidité diélectrique conformément à l'Article 18, la tension d'essai étant appliquée entre le matériau de base et une feuille métallique en contact avec le revêtement.

NOTE Les essais peuvent être effectués sur un spécimen séparé de la pièce revêtue

19.11 Les poignées, les leviers de manœuvre, les boutons et les organes analogues doivent être soit en matière isolante, soit recouverts de façon appropriée d'une **isolation supplémentaire**, ou séparés de leurs axes ou organes de fixation par une telle isolation, si leurs axes ou organes de fixation risquent d'être mis sous tension pendant le claquage de l'isolation.

*La conformité est vérifiée par examen et, si nécessaire, par les exigences spécifiées pour l'**isolation supplémentaire**.*

19.12 Construction des enroulements

19.12.1 Dans tous les types de **transformateurs**, des précautions doivent être prises pour éviter:

– un déplacement nuisible des **enroulements primaires** ou **secondaires** ou de leurs spires;

– un déplacement nuisible des conducteurs internes ou des conducteurs pour les connexions externes;

– un déplacement nuisible de parties d'enroulement ou de conducteurs internes en cas de rupture des conducteurs ou de desserrage ces connexions;

La conformité est vérifiée par examen et par les essais de l'Article 16.

La dernière spire de chaque enroulement doit être empêchée de se déplacer.

NOTE 1 Des exemples de moyens sûrs sont:

– les rubans adhésifs ou agents de liaison appropriés ou le frettage du conducteur;

– un procédé technique.

NOTE 2 S'il y a lieu, un **écran de protection** doit, en vue d'éviter des pertes par courant de Foucault dues à la création d'une spire en court-circuit, être tel que ses deux bords ne puissent ni se toucher ni toucher simultanément un noyau de fer.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

19.12.2 En cas d'utilisation de rubans crantés comme isolation, il est supposé que les crans des différentes couches coïncideront. Pour la distance à travers l'isolation, les valeurs réduites du Tableau 13, du Tableau C.1 et du Tableau D.1 peuvent être utilisées si une couche supplémentaire de ruban cranté et une couche supplémentaire non crantée placée au niveau des crans sont utilisées.

NOTE 1 Un exemple est donné dans le dessin en M.2.1 b).

Dans le cas de bobines sans flasques (bobines sans brides), les spires extrêmes de chaque couche doivent être empêchées de se déplacer.

NOTE 2 Chaque couche peut, par exemple, être enrobée d'un matériau isolant adéquat s'étendant au-delà des spires extrêmes de chaque couche et, de plus:

– soit le ou les enroulements peuvent être imprégnés d'un matériau durcissant à la chaleur ou figeant à froid, remplissant complètement les intervalles entre spires et scellant de façon efficace les spires extrêmes;

– soit le ou les enroulements peuvent être fixés en totalité au moyen de la matière isolante ou par un procédé technique.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais des Articles 16, 17 et 18.

19.12.3 Les **fils de bobinage isolés** dont l'isolation procure une **isolation principale**, **supplémentaire** ou **renforcée** doivent satisfaire aux exigences suivantes.

a) lorsque l'isolation du fil de bobinage est utilisée pour procurer une **isolation principale** sans isolation additionnelle interposée dans un composant bobiné:

   – le fil isolé, par exemple polyimide ou isolation de qualité équivalente, doit satisfaire à l'Annexe K;

   – l'isolation du **fil de bobinage isolé** doit être constituée d'au moins deux couches;

b) lorsque l'isolation du fil de bobinage est utilisée pour procurer une **isolation renforcée** dans un composant bobiné:

   – le fil isolé, (par exemple polyimide ou isolation de qualité équivalente) , doit satisfaire à l'Annexe K;

   – l'isolation du **fil de bobinage isolé** doit être constituée d'au moins trois couches;

   – l'isolation est soumise à l'essai de rigidité diélectrique correspondant du 18.3 qui est effectué à une tension multipliée par le facteur 1,25.

   Si le **fil de bobinage isolé** est bobiné:

   – autour de noyaux de métal ou de ferrite ou;

   – autour d'un fil émaillé ou;

   – sous un fil émaillé;

   une isolation complémentaire conforme à la dti du Tableau 13 doit être utilisée pour procurer une **isolation supplémentaire** entre les fils isolés et le noyau ou entre les fils isolés et les fils émaillés.

NOTE Cette exigence tient compte de la contrainte de production mécanique appliquée aux **fils de bobinage isolés**.

Le constructeur du **transformateur** doit faire la preuve que le fil de bobinage a été soumis à 100 % à l'essai de rigidité diélectrique en production selon K.3.

Aucune exigence n'est applicable aux **lignes de fuite** et **distances d'isolement** pour les **fils de bobinage isolés**.

Pour les enroulements procurant l'**isolation renforcée,** aucune valeur n'est exigée dans la case 2) c) du Tableau 13, du Tableau C.1 et du Tableau D.1.

La conformité est vérifiée par l'examen de la partie et les déclarations du fabricant de fil.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

19.13 Les poignées, les leviers de manœuvre et organes analogues doivent être fixés de façon sûre de sorte qu'ils ne se desserrent pas par suite d'échauffements, de vibrations, etc., susceptibles de se produire en usage normal.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais des Articles 14 et 16.

19.14 Les capots destinés à assurer une protection contre les chocs électriques doivent être solidement fixés. La fixation doit être réalisée par au moins deux moyens indépendants, l'un d'eux au moins nécessitant l'emploi d'un **outil**.

La conformité est vérifiée par examen et par essai à la main.

NOTE 1 Le capot peut comporter un moyen, tel qu'une rainure ou un bossage, qui constitue l'un des moyens de fixation requis.

NOTE 2 Des vis peuvent être utilisées comme moyens nécessitant l'emploi d'un **outil**, mais des écrous ou vis moletés, même s'ils sont pourvus de dispositifs pour le scellement, ne conviennent pas.

19.15 Les **transformateurs** pourvus de broches destinées à être introduites dans des socles de prise de courant fixes ne doivent pas exercer de contraintes exagérées sur ces socles.

*La conformité est vérifiée en introduisant le **transformateur** dans les conditions normales d'emploi dans un socle fixe conforme à la CEI 60083, le socle étant tourné autour d'un axe horizontal passant par les axes des alvéoles à une distance de 8 mm en arrière de la surface d'engagement du socle.*

Le couple de torsion supplémentaire qui doit être appliqué au socle pour maintenir la surface d'engagement dans le plan vertical ne doit pas dépasser 0,25 Nm.

19.16 Les **transformateurs mobiles** de **puissance assignée** inférieure ou égale à 200 VA doivent avoir un indice de protection IP20 ou plus. Pour les **transformateurs** ayant un indice de protection IPX0, il doit être précisé que ces **transformateurs** sont destinés à un usage à l'intérieur exclusivement.

Les **transformateurs mobiles** de **puissance assignée** supérieure à 200 VA, mais ne dépassant pas 2,5 kVA pour les **transformateurs** monophasés ou 6,3 kVA pour les **transformateurs** polyphasés, doivent présenter un indice de protection IPX4 ou supérieur.

Les **transformateurs mobiles** de **puissance assignée** supérieure à 2,5 kVA pour les **transformateurs** monophasés ou 6,3 kVA pour les **transformateurs** polyphasés doivent avoir un indice de protection IP21 ou plus.

19.17 Les **transformateurs** ayant un indice de protection IPX1 jusqu'à IPX6 inclus doivent avoir un orifice d'écoulement d'au moins 5 mm de diamètre ou d'une surface de 20 mm^2 et d'une largeur d'au moins 3 mm.

La présence d'orifices n'est pas exigée si le **transformateur**, y compris les enroulements, le noyau et toutes les parties actives non isolées, est complètement enrobé dans un matériau d'enrobage approprié à l'intérieur de l'**enveloppe**.

19.18 Les **transformateurs** ayant un indice de protection supérieur à IPX1 doivent être fournis avec une fiche moulée ou sans fiche.

19.19 Les **transformateurs mobiles de classe I** conçus pour être raccordés au moyen d'un câble souple doivent être fournis avec un câble souple **non détachable** muni d'un conducteur de terre de protection et d'une fiche avec contact de terre de protection.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Si un **transformateur stationnaire de classe I** est équipé d'un câble ou cordon souple **non détachable**, le câble ou cordon doit avoir un conducteur de protection et la fiche doit avoir une broche de mise à la terre.

La conformité aux exigences de 19.16 à 19.19 est vérifiée par examen, par des mesures et par les essais de 17.1

19.20 Les **parties actives** des circuits **TBTS** et **TBTP** doivent être séparés électriquement entre elles et par rapport aux autres circuits. Les exigences suivantes doivent être respectées en prenant en compte la **tension locale** correspondante:

– les **circuits secondaires TBTS** doivent être séparés électriquement de tous les autres circuits qui ne sont pas **TBTS** ou **TBTP** par une **isolation double** ou **renforcée**

– les **circuits secondaires TBTS** doivent être séparés électriquement de tous les autres circuits **TBTS** ou **TBTP** par une **isolation principale**

NOTE 1 Cette exigence n'exclut pas la connexion des **circuits TBTP** à la terre de protection.

*La conformité est vérifiée par le respect de 19.20.1 pour les **circuits TBTS** et 19.20.2 pour les **circuits TBTP**.*

19.20.1 Les **parties actives** des circuits **TBTS** ne doivent être ni raccordées à la terre de protection, ni à des **parties actives**, ni à des conducteurs de protection appartenant à d'autres circuits.

Les **parties conductrices** accessibles des circuits **TBTS** ne doivent être reliées:

– ni à la terre de protection;

– ni à des conducteurs de terre de protection ou à des **parties conductrices** accessibles d'autres circuits;

Lorsque la tension nominale est supérieure à 25 V en courant alternatif ou 60 V en courant continu lissé, la protection contre les contacts directs doit être assurée par une isolation pouvant supporter une tension d'essai définie au Tableau 8a pour l'**isolation double** ou **renforcée**.

Lorsque la tension nominale n'est pas supérieure à 25 V en courant alternatif ou 60 V en courant continu lissé, aucune protection contre les contacts directs n'est en général nécessaire; toutefois elle peut être nécessaire pour certaines conditions d'influences externes (voir la partie 2 appropriée).

19.20.2 Pour les **circuits TBTP,** les exigences suivantes doivent être satisfaites.

La protection contre les contacts directs doit être assurée par une isolation pouvant supporter une tension d'essai définie au Tableau 8a pour l'**isolation double** ou **renforcée**.

NOTE Cette exigence impose que les circuits **TBTP** soient isolés même pour des tensions au-dessous de 25 V en courant alternatif ou 60 V en courant continu lissé, sauf pour les **parties actives** directement reliées à la terre de protection.

19.21 Pour les **circuits TBTF**, les mesures supplémentaires suivantes doivent être prises en compte pour assurer aussi bien la protection contre les contacts directs que la protection contre les contacts indirects.

NOTE Ces conditions peuvent, par exemple, être assurées lorsque le circuit comporte des matériels (tels que **transformateurs**, relais, télérupteurs, contacteurs) ne présentant pas un isolement suffisant par rapport à des circuits à tension plus élevée.

Une protection contre les contacts indirects doit être assurée par une isolation correspondant à la tension d'essai minimale requise pour le **circuit primaire**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

19.22 Les **transformateurs de classe II** ne doivent pas comporter de borne de mise à la terre de protection.

Toutefois, un **transformateur de classe II** destiné au repiquage peut avoir une borne interne assurant la continuité du conducteur de terre mais qui n'est pas connectée au **transformateur**, à condition que la borne soit isolée par une isolation de classe II des **parties conductrices** accessibles.

La conformité est vérifiée par examen.

19.23 Les **transformateurs de classe III** ne doivent pas comporter de borne de mise à la terre de protection.

La conformité est vérifiée par examen.

20 Composants

Les composants, tels que les interrupteurs, fiches de prises de courant, coupe-circuit à fusible, douilles de lampes, condensateurs et câbles ou cordons souples doivent être conformes aux normes correspondantes de la CEI dans la mesure où elles s'appliquent.

Les composants incorporés dans ou fournis avec le **transformateur** sont soumis à tous les essais de la présente norme en tant que partie du **transformateur**.

La conformité aux normes de la CEI pour le composant correspondant ne garantit pas nécessairement la conformité aux exigences de la présente norme.

L'essai de ces composants est effectué en général séparément, conformément aux normes les concernant et comme suit:

– on vérifie que les composants marqués de leurs caractéristiques assignées conviennent pour les conditions susceptibles de se produire dans le **transformateur**, y compris pour les courants d'appel. Le composant est alors essayé conformément à son marquage, le nombre de spécimens à essayer étant celui prescrit par la norme applicable;
– les composants qui ne sont pas marqués de leurs caractéristiques assignées sont essayés dans les conditions qui se présentent dans le **transformateur**, y compris le cas des courants d'appel, le nombre de spécimens à essayer étant, en général, celui prescrit par la norme applicable;
– lorsqu'il n'existe pas de norme CEI pour le composant concerné ou lorsque le composant n'est pas marqué ou qu'il n'est pas utilisé conformément à son marquage, le composant est essayé pour les conditions se présentant dans le **transformateur**, le nombre de spécimens étant, en général, celui requis pour une spécification similaire.

20.1 Les connecteurs pour l'alimentation doivent être conformes à la série CEI 60320 pour les **transformateurs** ayant un indice de protection IPX0 et à la CEI 60320-2-3 ou CEI 60309 pour les autres **transformateurs**.

20.2 Les dispositifs de commande automatiques doivent être conformes à la série CEI 60730 à moins qu'ils ne soient essayés avec le **transformateur**.

20.3 Les **protecteurs thermiques** doivent être conformes à la CEI 60691 dans la mesure où elle s'applique.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

20.4 Les interrupteurs faisant partie intégrante du **transformateur** doivent être conformes à l'Annexe F.

De plus, les interrupteurs destinés à séparer le **transformateur** de son alimentation doivent être à coupure omnipolaire et doivent garantir une coupure totale pour la catégorie de surtension considérée. Les exigences relatives à la coupure omnipolaire ne s'appliquent pas aux **transformateurs** destinés à être reliés au moyen d'un câble souple et d'une fiche ou aux **transformateurs** accompagnés d'une notice d'instructions prescrivant que de tels dispositifs de séparation doivent être prévus dans le câblage fixe.

La conformité est vérifiée par examen.

20.5 Les socles de prise de courant dans le **circuit secondaire** doivent être tels qu'il n'y ait pas de compatibilité dangereuse entre un tel socle de prise de courant et une fiche prévue pour une connexion directe à un socle de prise de courant qui pourrait être utilisé sur le **circuit primaire** au regard des règles d'installation, des tensions et des fréquences.

Les fiches et les socles de prise de courant pour les systèmes **TBTS** doivent être conformes aux exigences de la CEI 60906-3 et de la CEI 60884-2-4. Cependant, les fiches et les socles de prise de courant pour les systèmes **TBTS** ayant à la fois un courant assigné inférieur ou égal à 3 A et une tension maximale de 24 V en courant alternatif ou 60 volt en courant continu avec une puissance ne dépassant pas 72 W ne doivent satisfaire qu'aux exigences suivantes:

– les fiches ne doivent pas pouvoir entrer dans des socles de prise de courant d'autres systèmes de tensions normalisées;
– les socles de prise de courant ne doivent pas admettre des fiches d'autres systèmes de tensions normalisées;
– les socles de prise de courant ne doivent par avoir de contact de terre de protection.

NOTE Comme la CEI 60906-3 ne couvre que les tensions de 6 V, 12 V, 24 V et 48 V, il convient que les **transformateurs** ayant une tension d'alimentation intermédiaire supportent la tension immédiatement supérieure. D'autres systèmes de fiches et socles de prise de courant sont autorisés uniquement pour les **transformateurs associés**.

Les fiches et les socles de prise de courant pour les systèmes **TBTP** doivent être conformes aux exigences suivantes:

– les fiches ne doivent pas pouvoir entrer dans des socles de prise de courant d'autres systèmes de tensions normalisées;
– les socles de prise de courant ne doivent pas admettre des fiches d'autres systèmes de tensions normalisées;
– les socles de prise de courant ne doivent par avoir de contact de terre de protection.

Cela n'exclut pas l'utilisation d'un socle de prise de courant incorporant un contact de liaison fonctionnel.

Les fiches et les socles de prise de courant pour les systèmes **TBTF** doivent être conformes aux exigences suivantes:

– les fiches ne doivent pas pouvoir entrer dans des socles de prise de courant d'autres systèmes de tensions normalisées;
– les socles de prise de courant ne doivent pas admettre des fiches d'autres systèmes de tensions normalisées.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai à la main.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

20.6 Les **coupe-circuit thermiques**, protecteurs thermiques, les **relais à maximum de courant**, les fusibles et les autres dispositifs de protection contre les surcharges doivent avoir un pouvoir de coupure suffisant.

*La conformité du pouvoir de coupure des **coupe-circuit thermiques** est vérifiée par l'essai du 20.7 et du 20.8 .*

*La conformité du pouvoir de coupure des **protecteurs thermiques** est vérifiée par l'essai du 20.8.*

Le pouvoir de coupure du fusible doit être conforme à la norme fusible qui convient.

20.6.1 Les fusibles conformes à la CEI 60127 et CEI 60269 peuvent être soumis à un courant ne dépassant pas 1,1 fois la valeur assignée.

20.7 Les **coupe-circuit thermiques** doivent respecter les exigences des 20.7.1.1 et 20.7.2 ou 20.7.1.2 et 20.7.2.

20.7.1 Exigences conformes à la CEI 60730-1

20.7.1.1 Les **coupe-circuit thermiques** lorsqu'ils sont essayés comme un composant séparé, doivent respecter les exigences appropriées et les essais de la CEI 60730-1.

Pour les besoins de la présente norme ce qui suit s'applique.

a) Les **coupe-circuit thermiques** doivent être du type 1 ou du type 2 (voir 6.4 de la CEI 60730-1).

b) Les **coupe-circuit thermiques** doivent avoir au moins une micro-interruption (type 1C ou 2C) (voir 6.4.3.3 et 6.9.3 de la CEI 60730-1) ou une micro-coupure (type 1B ou 2B) (voir 6.4.3.2 et 6.9.2 de la CEI 60730-1).

c) Les **coupe-circuit thermiques** à réarmement manuel doivent avoir un mécanisme à déclenchement libre n'empêchant pas l'ouverture de ses contacts tant que le défaut persiste (type 1E et 2E) (voir 6.4.3.5 de la CEI 60730-1).

d) Le nombre de cycles d'action automatique doit être:

   – 3 000 cycles pour les **coupe-circuit thermiques à réenclenchement automatique,**

   – 300 cycles pour les **coupe-circuit thermiques sans réenclenchement automatique** qui peuvent être réarmés manuellement sans l'aide d'un **outil** (voir 6.11.10 de la CEI 60730-1);

   – 300 cycles pour les **coupe-circuit thermiques sans réenclenchement automatique** qui peuvent être réarmés quand le **transformateur** est déconnecté (voir 6.11.10 de la CEI 60730-1);

   – 30 cycles pour les **coupe-circuit thermiques sans réenclenchement automatique** et qui ne peuvent être réarmés manuellement sans l'aide d'un **outil** (voir 6.11.11 de la CEI 60730-1).

e) Les **coupe-circuit thermiques** doivent être conçus pour tenir des contraintes électriques au travers des parties isolantes pendant une longue période et doivent être essayés en conséquence (voir 6.14.2 de la CEI 60730-1).

f) Les caractéristiques des **coupe-circuit thermiques** en ce qui concerne:

   – leurs caractéristiques assignées (voir Article 5 de la CEI 60730-1);

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

– leur classification selon:

1) la nature de l'alimentation (voir 6.1 de la CEI 60730-1),
2) le type de charge associé (voir 6.2 de la CEI 60730-1),
3) le degré de protection procuré par les **enveloppes** contre la pénétration des corps solides et de poussières (voir 6.5.1 de la CEI 60730-1),
4) le degré de protection procuré par les **enveloppes** contre les effets nuisibles dus à la pénétration de l'eau (voir 6.5.2 de la CEI 60730-1),
5) le **degré de pollution** (voir 6.5.3 de la CEI 60730-1),
6) la valeur de l'indice de résistance au cheminement (voir 6.13 de la CEI 60730-1),
7) la limite de température ambiante maximale (voir 6.7 de la CEI 60730-1),

doivent être appropriés pour l'application dans le **transformateur** dans les conditions normales de fonctionnement et dans les conditions de défaut (exemple: court-circuit aux bornes de sortie).

20.7.1.2 Les **coupe-circuit thermiques** lorsqu'il sont essayés en tant que parties du **transformateur** doivent:

– avoir au moins une micro-interruption (type 1C ou 2C) ou une micro-coupure (type 1B ou 2B) selon la CEI 60730-1;
– être vieillis pendant 300 h à une température correspondant à la température ambiante du coupe-circuit thermique quand le **transformateur** fonctionne sous ses conditions normales à une température ambiante de 35 °C ou, s'il y a lieu, t_a + 10 °C;
– être soumis à un nombre de cycles d'actions automatiques comme spécifié en 20.7.1.1 pour les **coupe-circuit thermiques** essayés comme des composants indépendants, en établissant la ou les conditions de défaut adéquates.

Les essais sont réalisés sur trois échantillons.

NOTE Un échantillon pour ces essais est un **transformateur** à **coupe-circuit thermique** incorporé.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais spécifiés.

Pendant ces essais, aucun arc permanent ne doit se produire et il ne doit pas y avoir d'autres dommages provenant d'autres causes.

*Après les essais, le **coupe-circuit thermique** et le **transformateur** ne doit pas présenter de dommage au sens de la présente norme, en particulier, il ne doit pas présenter de détérioration de son **enveloppe**, aucune réduction des **distances d'isolement** et des **lignes de fuite** et aucune perte de connexions électriques ou de moyens de fixation mécanique.*

20.7.2 Les **coupe-circuits thermiques** doivent avoir une capacité de rupture suffisante.

20.7.2.1 *Un **transformateur** muni d'un **coupe-circuit thermique sans réenclenchement automatique** est alimenté à 1,1 fois la **tension primaire assignée** et les bornes du secondaire sont court-circuitées jusqu'à ce que le **coupe-circuit thermique** fonctionne. Ensuite, la tension d'alimentation est supprimée jusqu'à ce que la température du **transformateur** redescende environ au niveau de la température ambiante., la tension d'alimentation est ensuite appliquée (les bornes du secondaire toujours court-circuitées).*

Ce cycle d'opérations est effectué:

– *3 fois à une température ambiante de 25 °C ± 10 °C pour les **transformateurs** sans marquage de la $t_{amin;}$*
– *3 fois à la température ambiante min. t_{amin} pour les **transformateurs** avec marquage de la t_{amin}.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*Après cet essai de cycle, le **transformateur** est alimenté à 1,1 fois la **tension primaire assignée** pendant 48 h avec les bornes du secondaire court-circuitées.*

20.7.2.2 *Un **transformateur** muni d'un coupe-circuit thermique avec réenclenchement automatique est alimenté à 1,1fois la tension primaire assignée avec les bornes du secondaire court-circuitées.*

Cette opération est effectuée:

– *48 heures à une température ambiante de 25 °C ± 10 °C pour les **transformateurs** sans marquage de la t_{amin}.*

– *24 heures à une température ambiante de 25 °C ± 10 °C et 24 h à la température ambiante min. t_{amin} pour les **transformateurs** avec marquage de la t_{amin}.*

La conformité est vérifiée par inspection et par les essais spécifiés dans l'ordre donné.

Pendant ces essais, il ne doit se produire aucune formation d'arc prolongé.

*Après l'essai, le **transformateur** doit:*

– *supporter l'essai de l'Article 18,*

– *ne montrer aucun dégât dans le sens donné dans la présente norme, et*

– *fonctionner correctement.*

20.7.3 Une résistance CTP de type chauffage indirect est considérée dans cette norme comme un **coupe-circuit thermique sans réenclenchement automatique**.

La conformité est vérifiée par l'essai suivant:

*Le **transformateur** est alimenté pendant 48 h (deux jours) à 1,1 fois la **tension primaire assignée** avec les bornes secondaires en court-circuit.*

– *Après 48 h, le **transformateur** doit être ramené approximativement à température ambiante. Cet essai doit être réalisé cinq fois à la température ambiante maximale déclarée par le fabricant du **transformateur**.*

– *Le même cycle d'essai doit être répété mais à 0,9 fois la **tension primaire assignée** et à la température ambiante minimale déclarée par le fabricant du **transformateur.***

*Pendant la partie du cycle où le **transformateur** est chargé, la CTP doit fonctionner et rester en position haute impédance jusqu'à ce que l'alimentation soit coupée. A la fin de l'essai, le **transformateur** doit résister à l'essai de l'Article 18, ne doit pas présenter de dommages et doit assurer correctement sa fonction au sens de cette norme.*

20.8 Les **protecteurs thermiques** doivent respecter l'une des exigences suivantes.

20.8.1 Les **protecteurs thermiques** lorsqu'ils sont essayés comme un composant séparé, doivent respecter les exigences et les essais de la CEI 60691.

Lorsque le **protecteur thermique** est essayé selon la CEI 60691, ce qui suit s'applique:

– les conditions électriques (voir 6.1 de la CEI 60691);

– les conditions thermiques (voir 6.2 de la CEI 60691);

– les caractéristiques assignées des **protecteurs thermiques** (voir 8 b) de la CEI 60691);

– l'aptitude pour l'étanchéité ou l'utilisation avec des fluides d'imprégnation ou des solvants de nettoyage (voir 8 c) de la CEI 60691)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

doivent être appropriées pour l'application dans l'appareil dans les conditions normales de fonctionnement et dans les conditions de court-circuit et surcharge.

La conformité est vérifiée selon la spécification d'essai de la CEI 60691, par examen et par des mesures.

20.8.2 Les **protecteurs thermiques** lorsqu'ils sont essayés en tant que parties du **transformateur**:

– doivent être vieillis pendant 300 h à la température correspondant à la température ambiante du **protecteur thermique** quand le **transformateur** fonctionne dans les conditions normales à une température ambiante de 35 °C ou, s'il y a lieu, t_a + 10 °C;

– doivent être soumis à une ou des conditions de défaut du **transformateur** qui font fonctionner le **protecteur thermique**. Pendant cet essai, aucun arc permanent et aucun dommage au sens de cette norme ne doivent se produire;

– doivent être capables de résister à deux fois la tension au travers de la coupure et avoir une résistance d'isolement d'au moins 0,2 MΩ lorsqu'elle est mesurée avec une tension égale à deux fois la tension assignée au travers de la coupure.

L'essai est réalisé 3 fois; aucune défaillance n'est autorisée. Cet essai n'est pas applicable aux **transformateurs non dangereux en cas de défaillance**.

Le **protecteur thermique** est remplacé, partiellement ou complètement, après chaque essai.

Quand le **protecteur thermique** n'est pas interchangeable, l'essai est réalisé sur trois nouveaux échantillons.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais spécifiés dans l'ordre indiqué.

20.9 Les dispositifs thermiques à réenclenchement automatique ne doivent pas être utilisés, à moins qu'il ne soit certain que leur fonctionnement n'entraînera aucun danger mécanique, électrique ou autre, pendant et après les essais de cette norme.

La conformité est vérifiée par examen.

20.10 Les **coupe-circuit thermiques** qui peuvent être remis en service par une opération de soudage ne doivent pas être utilisés comme protection contre les surcharges.

La conformité est vérifiée par examen.

20.11 Les dispositifs de protection contre les surcharges ne doivent pas fonctionner lors de l'application de la tension d'alimentation.

La conformité est vérifiée par l'essai suivant.

*Le **transformateur** est alimenté à vide sous une tension égale à 1,1 fois la **tension primaire assignée**. La tension d'alimentation est alors supprimée puis rétablie 20 fois à des intervalles de temps de 10 s environ ou à un point de la sinusoïde, tel que le courant d'appel est maximal*

NOTE Si un dispositif permettant de supprimer et de rétablir la tension d'alimentation avec l'angle électrique le plus défavorable est utilisé, la suppression et le rétablissement de la tension peuvent être effectuées seulement deux fois.

La source d'alimentation doit être telle que la chute de tension résultant des courants d'appel n'excède pas 2 %.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

21 Conducteurs internes

21.1 Les conducteurs internes et les connexions électriques entre différentes parties du **transformateur** doivent être protégés ou enfermés de façon appropriée.

Les emplacements où passent les conducteurs doivent être lisses et exempts de bords tranchants, bavures, éclats etc., qui peuvent endommager l'isolation des conducteurs.

21.2 Les orifices pratiqués dans les parois métalliques pour le passage des câbles isolés doivent avoir des bords arrondis, de rayon au moins égal à 1,5 mm ou être pourvus de traversées en matière isolante.

21.3 Les conducteurs non isolés doivent être fixés de façon que leurs distances mutuelles et leurs distances par rapport à l'**enveloppe** soient maintenues de façon appropriée.

La conformité aux exigences de 21.1 à 21.3 est vérifiée par examen.

21.4 Les conducteurs internes ne doivent pas prendre de jeu lors du raccordement de conducteurs externes aux bornes primaires ou secondaires.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 23.3.

21.5 Les conducteurs isolés qui, en usage normal, sont soumis à un échauffement dépassant les valeurs limites indiquées en 14.1 doivent comporter une isolation en matière résistant à la chaleur et non hygroscopique,

La conformité est vérifiée par examen et, si nécessaire, par des essais supplémentaires; l'échauffement est déterminé pendant l'essai de 14.1.

22 Raccordement à l'alimentation et câbles souples externes

22.1 Tous les câbles, câbles souples et dispositifs de connexion dont il est question dans le présent article doivent avoir des courants et des tensions assignés appropriés aux caractéristiques assignées des **transformateurs** auxquels ils sont raccordés.

La conformité est vérifiée par inspection.

22.2 Des entrées séparées doivent être prévues pour les conducteurs primaires et secondaires.

Les entrées et les sorties pour les conducteurs externes doivent être conçues de façon que le revêtement du câble puisse être introduit sans risque de détérioration.

Les entrées et les sorties pour les câbles souples doivent être en matière isolante, ou être pourvues de traversées en matière isolante, ne vieillissant pratiquement pas dans les conditions de service prévues. Les entrées et les sorties des traversées doivent avoir une forme telle qu'elles ne puissent endommager le câble.

Les traversées pour les conducteurs externes doivent être fixées de façon sûre et doivent être telles qu'elles ne soient pas susceptibles d'être endommagées par l'**enveloppe** dans laquelle elles sont montées.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Les traversées ne doivent pas être en caoutchouc naturel à moins qu'elles ne fassent partie intégrante d'un dispositif de protection (voir 22.9).

NOTE Ces exigences n'excluent pas l'emploi de traversées amovibles.

La conformité est vérifiée par examen.

22.3 Les **transformateurs fixes** doivent être conçus de façon qu'après leur fixation normale sur leur support il soit possible de connecter les conducteurs souples ou rigides externes.

Les **transformateurs** autres que ceux prévus pour être connectés à un câblage fixe en permanence peuvent être fournis avec un socle de connecteur sur le côté primaire.

L'espace réservé aux conducteurs à l'intérieur du **transformateur** doit être suffisant pour permettre l'introduction et le raccordement facile des conducteurs, et la mise en place du capot éventuel sans risque d'endommager les conducteurs ou leur **enveloppe** isolante.

Il doit être possible de connecter les conducteurs d'alimentation aux bornes sans que leur isolation entre en contact avec des **parties actives dangereuses** de polarité différente**,** y compris des **parties actives** des **circuits secondaires** de polarité différente.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai de montage, en utilisant des conducteurs de la plus forte section correspondante à la capacité de connexion assignée des bornes.

22.4 Pour les **transformateurs mobiles** munis d'un **câble d'alimentation** , la longueur du câble doit:

– ne pas être supérieure à 2 m pour une section de 0,5 mm^2
– être supérieure à 2 m pour une section supérieure à 0,5 mm^2.

La conformité est vérifiée par examen.

22.5 Les **câbles d'alimentation** pour des **transformateurs** ayant un indice de protection IPX0 et des **transformateurs** «utilisés en intérieur uniquement» ayant un indice de protection supérieur à IPX0 doivent:

– pour des **transformateurs** avec une masse n'excédant pas 3 kg, ne pas être plus légers que des câbles sous gaine de polychlorure de vinyle (52 de la CEI 60227) ou plus légers que des câbles souples sous gaine caoutchouc (53 de la CEI 60245);
– pour des **transformateurs** avec une masse excédant 3 kg, ne pas être plus légers que des câbles sous gaines ordinaires de polychlorure de vinyle (53 de la CEI 60227) ou plus légers que des câbles souples sous gaine caoutchouc (53 de la CEI 60245).

Les **câbles d'alimentation** des **transformateurs** ayant un indice de protection supérieur à IPX0 doivent être des câbles enveloppés de polychloroprène et ne doivent pas être plus légers que les câbles enveloppés de polychloroprène d'emploi courant (57 de la CEI 60245), exception faite des **transformateurs** « pour utilisation à l'intérieur exclusivement ».

22.6 Les **câbles d'alimentation** peuvent être équipés d'un connecteur conforme à la CEI 60320, à condition que le **transformateur** soit un **transformateur** monophasé, ayant un courant primaire ne dépassant pas 16 A à la **puissance assignée**.

22.7 La section nominale des **câbles souples externes** doit être au moins égale à celle indiquée au Tableau 9.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau 9 – Sections nominales des câbles souples externes

Courant primaire ou secondaire pour la puissance assignée A	**Section nominale** mm^2
Jusqu'à 3 [a] inclus	0,5
Supérieur à 3 jusqu'à 6 inclus	0,75
Supérieur à 6 jusqu'à 10 inclus	1
Supérieur à 10 jusqu'à 16 inclus	1,5
Supérieur à 16 jusqu'à 25 inclus	2,5
Supérieur à 25 jusqu'à 32 inclus	4
Supérieur à 32 jusqu'à 40 inclus	6
Supérieur à 40 jusqu'à 63 inclus	10
NOTE Au Japon, les **câbles d'alimentation** ayant une section de 0,5 mm^2 ne sont pas admis comme **câbles d'alimentation** externes.	
[a] Ces câbles peuvent être utilisés comme **câbles d'alimentation** si leur longueur ne dépasse pas 2 m entre le point où le câble ou le dispositif de protection entre dans le **transformateur** et l'entrée dans la fiche.	

La conformité est vérifiée par examen et par des mesures.

22.8 Les **câbles d'alimentation** des **transformateurs de classe I** doivent être pourvus d'un conducteur vert/jaune, qui est relié à la borne de terre du **transformateur** et au contact de terre de la fiche s'il existe.

Les **câbles d'alimentation** des **transformateurs mobiles** monophasés de courant primaire, ne dépassant pas 16 A à la **puissance assignée**, doivent être pourvus d'une fiche conforme à la CEI 60083 ou à la CEI 60906-1. Les autres **transformateurs mobiles** peuvent être pourvus d'une fiche conforme à la CEI 60309.

La conformité est vérifiée par examen.

22.9 Les **câbles souples externes** doivent être fixés au **transformateur** par l'un ou l'autre des modes de fixation **type X, Y**, ou **Z** à moins qu'il n'en soit spécifié autrement dans la partie 2 correspondante.

La conformité est vérifiée par examen et, si nécessaire, par un essai manuel.

22.9.1 Pour les **fixations du type Z**, le moulage de l'**enveloppe** du **transformateur** et sur le **câble souple externe** ne doit pas affecter l'isolement du **câble d'alimentation**.

La conformité est vérifiée par examen.

22.9.2 Les entrées de câble doivent être conçues et profilées, ou doivent être munies de traversées de telle façon que le revêtement du **câble souple externe** puisse être introduit sans risque de détérioration.

L'isolation entre le conducteur et l'**enveloppe** doit consister en l'isolation du conducteur et, en outre:

– pour les **transformateurs de classe I**, au moins une **isolation principale**;

– pour les **transformateurs de classe II**, au moins une **isolations double** ou **renforcée**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 1 La gaine d'un **câble souple externe** au moins équivalente à celle d'un câble conforme à la CEI 60227 ou à la CEI 60245 est considérée comme une **isolation principale**.

NOTE 2 Un revêtement ou une traversée isolant est considéré comme une **isolation supplémentaire** s'il est conforme aux exigences applicables.

NOTE 3 Une **enveloppe** en matière isolante est considérée comme une **isolation renforcée**, auquel cas deux isolations séparées ne sont pas nécessaires.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai manuel.

22.9.3 Les traversées:

– doivent être de forme telle qu'elles ne puissent endommager le **câble souple externe**;
– doivent être fixées de façon sûre;
– ne doivent pas pouvoir être enlevées sans l'aide d'un **outil**;
– ne doivent pas être en caoutchouc naturel sauf si la traversée fait partie intégrante de la gaine d'un **câble souple externe** pour **fixation du type X** avec un câble spécial, **du type Y** et **du type Z** pour les **transformateurs de classe I**.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai manuel.

22.9.4 Les **transformateurs** munis de câbles et qui peuvent être déplacés pendant le fonctionnement doivent être construits de façon que le câble soit efficacement protégé contre une flexion excessive à l'entrée dans le **transformateur**. Les dispositifs de protection, s'il y a lieu, doivent être en matière isolante et être fixés de façon sûre.

La conformité est vérifiée par l'essai suivant qui est réalisé sur un appareil possédant un membre oscillant comme spécifié à la Figure 7.

*La partie du **transformateur** comprenant l'entrée de câble, le dispositif de protection, s'il y a lieu, et le **câble souple externe** est fixée au membre oscillant de telle façon que, lorsque ce dernier est à la moitié de son déplacement, l'axe du câble, à l'endroit où il pénètre dans le dispositif de protection ou dans l'entrée de câble, soit vertical et traverse l'axe d'oscillation. L'axe principal de la section des câbles méplats doit être parallèle à l'axe d'oscillation.*

Le câble est chargé de façon que la force appliquée soit de

– *10 N pour les câbles de section supérieure à 0,75 mm^2;*
– *5 N pour les autres câbles.*

*La distance A indiquée sur la Figure 7 entre l'axe d'oscillation et le point où le dispositif de protection pénètre dans le **transformateur** est ajustée de telle façon que lorsque le membre oscillant se déplace à sa pleine amplitude, le câble et la charge fassent le minimum de mouvement latéral.*

*Le membre oscillant se déplace sur un angle de 90° (45° de part et d'autre de la verticale), le nombre de flexions pour les **fixations de type Z** étant de 20 000 et 10 000 pour les autres fixations. La cadence des flexions est de 60 par minute.*

NOTE 1 Une flexion est un mouvement de 90°.

Le câble et ses parties associées sont tournés de 90° après la moitié du nombre de flexions, à moins qu'un câble méplat ne soit monté.

Pendant l'essai, les conducteurs sont chargés au courant assigné maximal du circuit en question à la tension assignée.

NOTE 2 On ne fait pas circuler de courant dans le conducteur de terre de protection.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

L'essai ne doit pas aboutir à:

– *un court-circuit entre les conducteurs;*
– *une rupture de plus de 10 % des brins d'un conducteur quel qu'il soit;*
– *une séparation du conducteur de la borne;*
– *le desserrage d'un quelconque dispositif d'arrêt de câble;*
– *un dommage, au sens de cette norme, présenté par le câble ou le dispositif d'arrêt de câble;*
– *des brins cassés perçant l'isolation et devenant accessibles.*

NOTE 3 Les conducteurs comprennent les conducteurs de terre de protection.

NOTE 4 Un court-circuit entre conducteurs du câble est considéré se produire si le courant dépasse une valeur égale au double du courant maximal assigné du circuit en question.

22.9.5 Les **transformateurs fixes** prévus pour une utilisation avec un **câble souple externe** et les **transformateurs mobiles** doivent avoir des dispositifs d'arrêt de câble tels que les conducteurs soient protégés contre les efforts de traction, y compris de torsion, à l'endroit où ils sont raccordés à l'intérieur du **transformateur** et tels que l'isolation des conducteurs soit protégée contre l'abrasion.

Pour une **fixation du type X**, les presse-étoupe ne doivent pas être utilisés comme dispositifs d'arrêt de câble pour les **transformateurs mobiles**, à moins qu'ils aient des dispositions permettant le serrage de tous les types et tailles de câbles qui peuvent être utilisés comme **câble souple externe**. Des méthodes de fabrication telles que le surmoulage, l'attachement du câble par un nœud ou la fixation des extrémités avec une ficelle ne sont pas autorisés; les chicanes ou moyens similaires sont autorisés sous réserve que la façon dont le **câble souple externe** doit être monté soit clairement indiquée.

Pour une **fixation du type X**, les dispositifs d'arrêt de câble doivent être conçus ou placés de façon que:

– le remplacement du câble puisse être effectué facilement;
– le moyen de réaliser la protection contre la traction et la protection contre la torsion soit facile à reconnaître;
– ils soient efficaces pour les différents types de câbles qui peuvent être raccordés, à moins que le **transformateur** ne soit conçu pour ne pouvoir être équipé que d'un seul type de câble;
– le câble souple complet et sa protection éventuelle puisse être monté dans le dispositif d'arrêt de câble;
– ils n'endommagent pas le câble et ils ne soient pas susceptibles d'être détériorés lorsqu'ils sont serrés ou desserrés en usage normal;
– le câble ne puisse entrer en contact avec des vis de serrage de ces dispositifs, si ces vis sont accessibles ou en contact avec des **parties conductrices** accessibles.

Pour les **fixations du type X** avec un câble spécial, **Y** et **Z**, les âmes du **câble d'alimentation** doivent être isolés des **parties conductrices accessibles** par une isolation conforme aux exigences de l'**isolation principale** pour les **transformateurs de classe I** et conforme aux exigences de l'**isolation supplémentaire** pour les **transformateurs de classe II**.

Cette isolation peut consister en

– une barrière isolante séparée, fixée au dispositif d'arrêt de câble;
– un revêtement spécial fixé au câble;
– pour les **transformateurs de classe I**, la gaine d'un câble sous gaine.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Pour les **fixations du type X** avec un câble spécial et **Y**, les dispositifs d'arrêt de câble doivent être conçus de façon que

– le remplacement du **câble souple externe** ne compromette pas la conformité à la présente norme;
– le câble souple complet et sa protection éventuelle puissent être montés dans le dispositif d'arrêt de câble;
– ils n'endommagent pas le câble et ils ne soient pas susceptibles d'être détériorés lorsqu'ils sont serrés ou desserrés en usage normal;
– le câble ne puisse toucher les vis de serrage du dispositif d'arrêt si ces vis sont accessibles ou en contact avec des **parties conductrices** accessibles.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai suivant.

*Pour une **fixation du type X**, excepté avec un câble spécial, le **transformateur** est muni d'un **câble souple externe** approprié. Les conducteurs sont introduits dans les bornes, les vis éventuelles des bornes étant serrées juste assez pour que les conducteurs ne puissent pas aisément changer de position. Le dispositif d'arrêt de câble est utilisé dans les conditions normales, les vis de fixation étant serrées avec un couple égal aux deux tiers de celui spécifié au Tableau 11.*

*Les essais sont d'abord effectués avec le type de câble le plus léger admissible de la plus petite section spécifiée au Tableau 9, puis avec le type de câble immédiatement plus lourd de la plus large section spécifiée, à moins que le **transformateur** ne soit conçu de façon qu'on ne puisse l'équiper que d'un seul type de câble.*

*Pour les **fixations du type X** avec un câble spécial, **Y** et **Z**, le **transformateur** est essayé avec le câble en place.*

*Il ne doit pas être possible de repousser le câble à l'intérieur du **transformateur** à un point tel que le câble ou les parties internes du **transformateur** puissent être endommagés.*

Le câble est ensuite soumis 25 fois à une force de traction dont la valeur est indiquée dans le Tableau 10. Les tractions sont appliquées dans la direction la plus défavorable, sans secousse, chaque fois pendant 1 s.

Immédiatement après, le câble est soumis pendant 1 min à un couple de torsion dont la valeur est indiquée au Tableau 10.

Tableau 10 – Force de torsion et couple à appliquer aux câbles souples externes d'un transformateur fixe ou mobile

Masse du transformateur kg	Force de traction N	Couple de traction Nm
Jusqu'à 1 inclus	30	0,1
Supérieur à 1 jusqu'à 4 inclus	60	0,25
Supérieur à 4	100	0,35

Pendant les essais, le câble ne doit pas être endommagé.

Après les essais, on ne doit pas constater de déplacement longitudinal du câble de plus de 2 mm; les conducteurs ne doivent pas s'être déplacés dans les bornes sur une distance de plus de 1 mm et il ne doit pas y avoir de contrainte appréciable à la connexion.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*Les **lignes de fuite** et **distances d'isolement** ne doivent pas être réduites au-dessous des valeurs spécifiées à l'Article 26.*

Pour mesurer le déplacement longitudinal on fait, avant les essais, une marque sur le câble soumis à la traction, à une distance d'environ 20 mm du dispositif d'arrêt de câble ou de tout autre point de référence approprié.

Après les essais, le déplacement de la marque est mesuré sur le câble par rapport au dispositif d'arrêt de câble ou de tout autre point, le câble étant maintenu tendu.

22.9.6 Les espaces réservés aux **câbles d'alimentation** ou au **câble souple externe**, prévus à l'intérieur pour le raccordement

a) à une canalisation fixe et pour des **fixations du type X** et **Y**:
   - doivent être conçus de telle façon qu'ils permettent de vérifier, avant la mise en place du capot éventuel, que les conducteurs sont correctement raccordés et disposés;
   - doivent être conçus de façon que les capots éventuels puissent être mis en place sans risquer d'endommager les conducteurs ou leur isolation;
   - pour les **transformateurs mobiles**, doivent être conçus de telle façon que la partie dénudée de l'extrémité du conducteur ne puisse venir en contact avec des **parties conductrices** accessibles si elle s'échappe de la borne, à moins que, pour des **fixations du type X** et **du type Y**, le câble soit muni de terminaisons qui ne soient pas susceptibles de s'échapper facilement du conducteur;

b) à une canalisation fixe et pour une **fixation du type X**, de plus:
   - doivent être adéquats pour permettre l'introduction et le raccordement faciles des conducteurs;
   - doivent être conçus de telle façon que les capots éventuels donnant accès aux bornes pour les conducteurs externes puissent être enlevés seulement à l'aide d'un **outil**.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai manuel.

23 Bornes pour conducteurs externes

23.1 Les **transformateurs** destinés à être raccordés de façon permanente au câblage fixe et les **transformateurs** autres que ceux fournis avec des câbles souples externes avec des fixations de **type X** ou **Y** doivent être fournis avec des bornes dans lesquelles la connexion est faite au moyen de vis, écrous ou dispositifs de même efficacité.

*Les bornes faisant partie intégrante du **transformateur** doivent être conformes à la CEI 60999-1 sous les conditions prévalant dans le **transformateur**.*

Les autres bornes doivent être:

– *soit vérifiées séparément selon la CEI 60998-2-1, la CEI 60998-2-2 et la CEI 60947-7-1 et utilisées conformément à leur marquage,*

– *soit vérifiées selon la CEI 60999-1 sous les conditions prévalant dans le **transformateur**.*

Pour les **transformateurs** avec **fixation du type X,** les connexions soudées peuvent être utilisées pour le raccordement des conducteurs externes, à condition que le conducteur soit positionné ou fixé de telle façon que le maintien en position ne dépende pas seulement de la soudure, à moins que des cloisons soient prévues de sorte que les **lignes de fuite** et **distances d'isolement** entre les **parties actives dangereuses** et les autres **parties conductrices** ne puissent pas être réduites à moins de 50 % des valeurs spécifiées à l'Article 26, au cas où le conducteur s'échapperait de la connexion soudée.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Pour les **transformateurs** avec **fixations du type Y** et **Z**, des connexions par soudage, brasage, sertissage ou procédés analogues peuvent être utilisées pour le raccordement des conducteurs externes.

Pour les **transformateurs de classe II**, les conducteurs doivent être placés ou fixés de telle façon que le maintien en position ne dépende pas seulement de la soudure, du sertissage ou de la brasure, à moins que les cloisons soient prévues de sorte que les **lignes de fuite** et **distances d'isolement** entre les **parties actives dangereuses** et les autres **parties conductrices** ne puissent pas être réduites à moins de 50 % des valeurs spécifiées à l'Article 26, au cas où le conducteur s'échapperait de la connexion soudée ou brasée, ou glisserait de la connexion sertie.

NOTE En général, l'accrochage d'un conducteur avant soudage est considéré comme un moyen convenable pour maintenir en position le conducteur d'un câble souple, pourvu que le trou dans lequel est passé le conducteur ne soit pas exagérément grand.

23.2 Les bornes pour des **fixations du type X** avec un câble spécial et les **fixations du type Y** et **Z** doivent être adaptées à leur fonction.

La conformité aux exigences de 23.1 et 23.2 est vérifiée par examen et en appliquant une force de traction de 5 N à la connexion, immédiatement avant l'essai de 14.1.

23.3 Les bornes autres que celles avec **fixation du type Y** ou **Z**, doivent être fixées de façon telle que, lorsqu'on serre ou desserre l'organe de serrage, la borne ne puisse pas prendre de jeu, les conducteurs internes ne soient pas soumis à des contraintes, et les **lignes de fuite** et les **distances d'isolement** ne soient pas réduites au-dessous des valeurs spécifiées à l'Article 26.

23.4 Les bornes autres que celles avec **fixation du type Y** ou **Z**, doivent être conçues de façon que l'âme du conducteur soit serrée entre des surfaces métalliques avec une pression de contact suffisante, sans dommage pour l'âme.

La vérification de la conformité aux exigences de 23.3 et 23.4 est effectuée par examen et par des mesures, après avoir serré et desserré 10 fois un conducteur de la plus grande section correspondant à la capacité de connexion assignée de la borne, le couple de serrage appliqué étant égal aux deux tiers du couple de torsion spécifié à l'Article 25.

NOTE L'utilisation de matière de remplissage sans autre moyen de blocage ne constitue pas une protection suffisante. Des résines durcissant à l'air peuvent cependant être utilisées pour bloquer des bornes qui ne sont pas soumises à des efforts de torsion en usage normal.

23.5 Les bornes prévues pour le raccordement à des canalisations fixes et les bornes avec **fixations du type X** doivent être placées au voisinage de leur borne associée de polarité différente et de la borne de terre, s'il y a lieu.

La conformité est vérifiée par examen.

23.6 Les blocs de jonction et dispositifs similaires ne doivent pas être accessibles sans l'aide d'un **outil**, même si leurs **parties actives dangereuses** ne sont pas accessibles.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai à la main.

23.7 Les bornes ou raccordements des **transformateurs** munis de **fixations du type X** doivent être placés ou protégés de façon que, si un brin d'une âme câblée vient à se détacher après raccordement des conducteurs, il n'y ait pas de risque de contact accidentel entre des **parties actives** et des **parties conductrices** accessibles et, pour les **transformateurs de classe II**, entre des **parties actives** et des **parties conductrices** séparées des **parties conductrices** accessibles par une **isolation supplémentaire** seulement.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai suivant.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

L'extrémité d'un conducteur souple ayant la section nominale spécifiée à l'Article 22 est dénudée sur une longueur de 8 mm. Un brin du conducteur est décâblé et les autres brins sont introduits complètement et serrés dans la borne.

Le brin décâblé est plié, sans déchirer l'isolation du câble, dans toutes les directions possibles, mais sans angles vifs le long des cloisons. Le brin décâblé d'un conducteur relié à une borne active ne doit toucher aucune ***partie conductrice accessible****. Pour les* ***transformateurs de classe II****, ce brin ne doit toucher aucune* ***partie conductrice*** *séparée des* ***parties conductrices accessibles*** *seulement par une* ***isolation supplémentaire*** *ou* ***principale****. Le brin décâblé d'un conducteur relié à une borne de terre ne doit toucher aucune* ***partie active dangereuse****.*

23.8 Les bornes sans plaquette doivent être pourvues d'au moins deux vis de serrage si le courant dépasse 25 A.

La conformité est vérifiée par examen.

23.9 Les vis de bornes, autres que les vis pour le raccordement des conducteurs de la terre de protection, ne doivent pas entrer en contact avec une **partie conductrice** accessible. Pour les **transformateurs de classe II**, ces vis, lorsqu'elles sont desserrées autant qu'il est possible, ne doivent pas entrer en contact avec des **parties conductrices** qui ne sont séparées des **parties conductrices accessibles** que par une **isolation supplémentaire** ou **principale**,

La conformité est vérifiée par examen pendant l'essai de 23.2.

24 Dispositions en vue de la mise à la terre

24.1 Les **parties conductrices accessibles** des **transformateurs de classe I** qui peuvent être mises sous tension en cas de défaut d'isolement doivent être reliées en permanence et de façon sûre à une borne de terre de protection placée à l'intérieur du **transformateur**.

Les **transformateurs de classe II** ne doivent comporter aucune disposition en vue de la mise à la terre du **transformateur** sauf dans un objectif fonctionnel.

La conformité est vérifiée par examen.

NOTE Si des **parties conductrices** accessibles sont séparées des **parties actives dangereuses** par un écran protecteur relié à la borne de terre de protection, ou si elles sont séparées des **parties actives dangereuses** par une **double isolation** ou une **isolation renforcée**, elles ne sont pas considérées, pour l'application de cette exigence, comme susceptibles d'être mises sous tension en cas de défaut d'isolement.

24.2 Les bornes de terre de protection pour le raccordement à des canalisations fixes et les bornes de terre de protection des **transformateurs** munis de **fixations du type X** doivent satisfaire aux exigences de l'Article 23; leurs organes de serrage doivent être protégés efficacement contre un desserrage accidentel et il ne doit pas être possible de les desserrer sans l'aide d'un **outil**.

La conformité est vérifiée par examen, par un essai à la main et par les essais de l'Article 23.

NOTE Quelques bornes, et en particulier les bornes à trous, peuvent nécessiter des dispositions spéciales telle que l'emploi d'une partie suffisamment élastique qui n'est pas susceptible d'être enlevée par inadvertance.

24.3 Toutes les parties de la borne de terre de protection doivent être telles qu'il n'y ait pas de risque de corrosion résultant du contact entre ces parties et le cuivre du conducteur de protection ou de tout autre métal en contact avec ces parties.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Si le corps de la borne de terre fait partie intégrante d'un châssis ou d'une **enveloppe** en aluminium ou en alliage d'aluminium, des dispositions doivent être prises pour éliminer le risque de corrosion résultant du contact entre le cuivre et l'aluminium ou ses alliages.

La conformité est vérifiée par examen.

Le corps de la borne de terre de protection doit être en laiton ou en un autre métal résistant aussi bien à la corrosion, à moins qu'il fasse partie intégrante du châssis métallique ou de l'**enveloppe** métallique, auquel cas la vis ou l'écrou doit être en laiton ou en un autre métal résistant aussi bien à la corrosion.

24.4 La connexion entre la borne de terre de protection et les parties du matériel qui doivent y être reliées doit présenter une faible résistance.

La conformité est vérifiée par l'essai suivant.

*On fait passer, pendant 1 min, entre la borne de terre de protection et, successivement, chacune des **parties conductrices accessibles**, un courant fourni par une source à courant alternatif dont la tension à vide ne dépasse pas 12 V, l'intensité du courant étant égale soit à 1,5 fois le courant assigné primaire, soit à 25 A, en prenant la plus grande de ces deux valeurs.*

NOTE 1 Le courant primaire assigné est défini comme le quotient de la **puissance assignée** par la **tension primaire assignée** ou, pour les **transformateurs** polyphasés, par $\sqrt{n}$ fois la **tension primaire assignée,** *n* étant le nombre de phase.

*La chute de tension est mesurée entre la borne de terre de protection et la **partie conductrice accessible**, et la résistance est calculée à partir du courant et de cette chute de tension.*

En aucun cas la résistance ne doit dépasser 0,1 Ω.

En cas de doute, après 1 min, l'essai est continué jusqu'à ce que les conditions de stabilisation soient établies.

NOTE 2 On prend soin que la résistance de contact entre l'extrémité du calibre de mesure et la **partie conductrice** en essai n'affecte pas les résultats de l'essai.

NOTE 3 La résistance du câble souple éventuellement utilisé pour l'essai n'est pas comprise dans la mesure de la résistance.

NOTE 4 Les noyaux des **transformateurs** IP00 sont considérés comme non accessibles.

24.5 Pour les **transformateurs de classe I** avec un **câble souple externe**, la disposition des bornes ou la longueur des conducteurs entre le dispositif d'arrêt de câble et les bornes doit être telle que les conducteurs transportant du courant soient tendus avant le conducteur de terre, dans le cas où le câble glisserait dans le dispositif d'arrêt de câble.

25 Vis et connexions

25.1 Les connexions vissées, électriques ou autres, doivent être capables de résister aux efforts mécaniques qui se produisent en usage normal.

Les vis destinées à assurer des contacts et les vis susceptibles d'être manœuvrées par l'usager et ayant un diamètre nominal inférieur à 2,8 mm doivent se visser dans une partie métallique.

Les vis ne doivent pas être en métal tendre ou sujet au fluage, tel que le zinc ou l'aluminium.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Les vis en matière isolante ne doivent être utilisées pour aucune liaison électrique.

Les vis ne doivent pas être en matière isolante si leur remplacement par une vis métallique peut compromettre l'**isolation principale** entre **circuit primaire** et **secondaire**, l'**isolation supplémentaire** ou **l'isolation renforcée**; de même, les vis qui peuvent être enlevées lors du remplacement d'un **câble d'alimentation** ne doivent pas être en matière isolante si leur remplacement par une vis métallique peut compromettre l'**isolation principale**.

La conformité est vérifiée par examen et, pour les vis et les écrous destinés à assurer des contacts ou susceptibles d'être serrées par l'usager, par l'essai suivant.

Les vis et les écrous sont serrés et desserrés:

– *dix fois s'il s'agit de vis s'engageant dans un filetage en matière isolante;*

– *cinq fois pour les écrous et les autres vis.*

Les vis s'engageant dans un filetage en matière isolante sont chaque fois retirées complètement et insérées à nouveau.

Un câble souple de la section la plus grande spécifiée au Tableau 9 est placé dans la borne lors de l'essai des vis et des écrous de la borne. Il est repositionné avant chaque serrage.

L'essai est effectué à l'aide d'un tournevis ou d'une clef appropriée, le couple de torsion à appliquer étant indiqué dans le Tableau 11, la colonne correspondante étant:

a) pour les vis métalliques sans tête qui ne font pas saillie par rapport à l'écrou après serrage complet I

b) pour les autres vis métalliques et pour les écrous II

c) pour les vis en matière isolante:

– à tête hexagonale dont le diamètre du cercle inscrit aux plats dépasse le diamètre extérieur du filetage, ou

– à tête cylindrique avec un évidement pour une clef, le diamètre du cercle inscrit aux plats dans cet évidement ayant une dimension d'au moins 0,83 fois le diamètre extérieur du filetage, ou

– à tête à fente simple ou en croix ayant une longueur dépassant 1,5 fois le diamètre extérieur du filetage II

d) pour les autres vis en matière isolante III

Tableau 11 – Couple appliqué aux vis et connexions

Diamètre nominal de la vis mm	**Couple de torsion** Nm		
	I	**II**	**III**
Jusqu'à 2,8 inclus	0,2	0,4	0,4
Supérieur à 2,8 jusqu'à 3,0 inclus	0,25	0,5	0,5
Supérieur à 3,0 jusqu'à 3,2 inclus	0,3	0,6	0,6
Supérieur à 3,2 jusqu'à 3,6 inclus	0,4	0,8	0,6
Supérieur à 3,6 jusqu'à 4,1 inclus	0,7	1,2	0,6
Supérieur à 4,1 jusqu'à 4,7 inclus	0,8	1,8	0,9
Supérieur à 4,7 jusqu'à 5,3 inclus	0,8	2,0	1,0
Supérieur à 5,3 jusqu'à 6,0 inclus	–	2,5	1,25

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Le conducteur est déplacé après chaque desserrage.

Pendant l'essai, on ne doit constater aucune détérioration qui nuirait à l'emploi ultérieur des connexions à vis.

NOTE 1 Les vis ou les écrous susceptibles d'être serrés par l'usager comprennent les vis qui doivent être manœuvrées lors du remplacement de **câbles d'alimentation** avec fixation de **type X**.

NOTE 2 La forme de la lame du tournevis doit être adaptée à la tête de la vis à essayer. Il convient de ne pas serrer les vis et les écrous par secousses.

25.2 Les vis s'engageant dans un filetage en matière isolante doivent avoir une longueur de la partie filetée engagée au moins égale à 3 mm plus le tiers du diamètre nominal de la vis, ou 8 mm, suivant la valeur la plus petite.

Une introduction correcte de la vis dans le trou de vis ou l'écrou doit être assurée.

La conformité est vérifiée par examen et par l'essai de 25.1, le couple appliqué étant néanmoins égal à 1,2 fois le couple spécifié.

NOTE L'exigence concernant l'introduction correcte est satisfaite si l'introduction en biais de la vis est évitée, par exemple au moyen d'un guidage prévu sur la partie à fixer, par un retrait dans l'écrou ou par l'emploi d'une vis dont le début du filet a été enlevé.

25.3 Les connexions électriques doivent être conçues de façon que la pression de contact ne se transmette pas par l'intermédiaire de matériaux isolants autres que céramique ou mica pur, sauf si un retrait éventuel ou une déformation de la matière isolante est susceptible d'être compensé par une élasticité suffisante des parties métalliques.

25.4 Les vis autotaraudeuses par déformation (vis à tôle) ne doivent pas être utilisées pour la connexion des parties transportant le courant, sauf si elles serrent directement ces parties l'une contre l'autre et si elles sont pourvues d'un dispositif de blocage approprié.

Les vis autotaraudeuses par découpe ne doivent pas être utilisées pour la connexion des parties transportant le courant, sauf si elles génèrent un filetage normal. Ces vis ne doivent toutefois pas être utilisées si elles sont susceptibles d'être manoeuvrées par l'utilisateur ou l'installateur, à moins que le filetage ne soit formé dans une longueur de matière préalablement obtenue par emboutissage.

Les vis autotaraudeuses par découpe et les vis autotaraudeuses par déformation, lorsqu'elles sont utilisées pour la continuité de terre, doivent être telles qu'il ne soit pas nécessaire en usage normal d'interrompre la connexion et que deux vis au moins soient utilisées pour chaque connexion.

La vérification de la conformité aux exigences de 25.3 et 25.4 est effectuée par examen.

25.5 Les vis qui assurent une connexion mécanique entre différentes parties du **transformateur** doivent être protégées contre le desserrage si la connexion transporte le courant ou forme une partie du circuit de mise à la terre de protection.

Les rivets utilisés pour des connexions transportant le courant doivent être protégés contre le desserrage si ces connexions sont soumises à des efforts de torsion en usage normal.

La conformité est vérifiée par examen et par un essai à la main.

NOTE 1 Des rondelles élastiques et organes analogues peuvent constituer une protection suffisante.

NOTE 2 Dans le cas des rivets, l'utilisation d'un axe non circulaire ou d'une entaille appropriée peut constituer une protection suffisante.

NOTE 3 L'utilisation de matière de remplissage qui se ramollit sous l'influence de la chaleur ne protège efficacement contre le desserrage que les connexions à vis qui ne sont pas soumises à des efforts de torsion en usage normal.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

25.6 *Les presse-étoupe doivent satisfaire à l'essai suivant:*

Les presse-étoupe vissés doivent être montés avec une tige de métal cylindrique ayant un diamètre égal au nombre entier le plus proche inférieur au diamètre interne de la bague. Les presse-étoupe sont alors serrés au moyen d'une clé appropriée, la force indiquée dans le Tableau 12 étant appliquée à la clé pendant 1 min à 250 mm de l'axe du presse-étoupe.

Tableau 12 – Couple de torsion des presse-étoupe

Diamètre de la tige d'essai mm	Force	
	Presse-étoupe métalliques N	Presse-étoupe en matériau moulé N
Jusqu'à 14 inclus	25	15
Supérieur à 14 jusqu'à 20 inclus	30	20
Supérieur à 20	40	30

*Après l'essai, le **transformateur** et les presse-étoupe ne doivent présenter aucun dommage.*

26 Lignes de fuite, distances d'isolement et distances à travers l'isolation

26.1 Les **lignes de fuite, distances d'isolement** et distances à travers l'isolation ne doivent pas être inférieures aux valeurs indiquées au Tableau 13, pour les matériaux isolants du groupe IIIa (voir la CEI 60664-1).

La conformité est vérifiée par des mesures en accord avec les dispositions de 26.2 et 26.3.

NOTE 1 Pour les matériaux des groupes I et II, voir Annexes C et D.

NOTE 2 Le Tableau 13, le Tableau C.1 et le Tableau D.1 sont applicables seulement pour les fréquences jusqu'à 30 kHz incluses.

Les **lignes de fuite** et **distances d'isolement** sont mesurées en utilisant les conducteurs de la plus forte et de la plus faible section correspondant à la capacité de connexion assignée de la borne pour les appareils raccordés au réseau par un câble ou une **fixation de type X**. Pour les **fixations de type X** avec un câble spécial, **Y** ou **Z**, on utilise le câble qui est fourni avec l'appareil.

En cas d'utilisation de rubans crantés, les valeurs des **lignes de fuite** et **distances d'isolement** sont déterminées comme si les crans des différentes couches coïncidaient.

NOTE 4 Des schémas montrant quelques exemples de méthodes de mesure des **lignes de fuite** et **distances d'isolement** sont donnés à l'Annexe A.

NOTE 5 Des schémas montrant quelques exemples de points de mesure des **lignes de fuite** et **distances d'isolement** sont donnés à l'Annexe P.

NOTE 6 Des détails des essais nécessaires pour déterminer le classement des groupes de matériaux sont donnés à l'Annexe G.

NOTE 7 Le Tableau 13, le Tableau C.1 et le Tableau D.1 prennent en considération les surtensions de catégorie II pour l'**isolation principale** et les surtensions catégorie III pour l'**isolation double** ou **renforcée**.

Les valeurs pour les circuits imprimés, pour lesquels un défaut peut provoquer un danger au sens de la présente norme, doivent être les mêmes que les valeurs non réduites pour les **parties actives** indiquées au Tableau 13, au Tableau C.1 et au Tableau D.1, sauf si le circuit imprimé a été essayé conformément à la CEI 60664-3.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Si la **pollution** conduit à une conductivité élevée et persistante causée, par exemple, par des poussières conductrices, par de la pluie ou de la neige, les **lignes de fuite** et **distances d'isolement** indiquées pour une **pollution degré 3** doivent alors être augmentées, la distance de l'isolement minimale étant de 1,6 mm et la valeur X minimale à l'Annexe A étant de 4,0 mm.

26.2 Lignes de fuite (ldf) et distances d'isolement

Les valeurs de **ligne de fuite** et de **distance d'isolement** sont indiquées dans les Tableaux 13, C.1 et D.1.

26.2.1 Enroulements recouverts par un ruban adhésif

Pour les enroulements qui sont recouverts par un ruban adhésif adhérant aux bords du corps de bobine, les valeurs de **ligne de fuite** sont considérées le long de la surface liée du ruban adhésif. Les valeurs réduites sont les valeurs prises pour la **pollution degré 1** (P1), pourvu que:

– tous les matériaux isolants soient classés conformément à la CEI 60085 et à la CEI 60216 et;

– l'essai diélectrique aux impulsions de tension de 4.1.1.2.1 de la CEI 60664-1 soit respecté et;

– l'essai A du 26.2.3 soit respecté.

Les valeurs de **distance d'isolement** ne sont pas exigées.

26.2.2 Parties isolantes non liées

Lorsqu'une barrière isolante constituée d'une paroi non liée est utilisée, les **lignes de fuite** et **distances d'isolement** sont mesurées à travers le joint. Si le joint est recouvert par un ruban adhésif conforme à la CEI 60454, une couche de ruban adhésif est requise sur chacun des côtés de la paroi afin de réduire les risques dus au pliage du ruban pendant la fabrication.

Les matériaux utilisés doivent être classés conformément à la CEI 60085 et à la CEI 60216.

Les valeurs données pour la **pollution degré 1** (P1) ne sont pas applicables.

26.2.3 Parties isolantes liées

Pour les **transformateurs** ayant des parties liées ou adhérées ensemble, aucune **ligne de fuite** minimale ni **distance d'isolement** n'est exigée à travers le joint. Seules les valeurs de distance à travers l'isolation sont applicables. Dans ce cas, l'essai diélectrique aux impulsions de tension du 4.1.1.2.1 de la CEI 60664-1 doit aussi être respecté.

Les matériaux utilisés doivent être classés conformément à la CEI 60085 et à la CEI 60216.

Dans le but de vérifier si les parties sont convenablement liées ou adhèrent correctement, les essais suivants sont effectués, selon les cas:

- **Essai A:**

*Trois spécimens préparés spécialement sont requis, dans lesquels les conducteurs des enroulements sont remplacés par des conducteurs non isolés sans imprégnation ou enrobage. Les enroulements doivent avoir été préparés de façon à rendre impossible toute perforation d'isolation entre les **enroulements primaires** et **secondaires,** ailleurs qu'au niveau du joint lié qui doit être essayé.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Les spécimens doivent être soumis 10 fois à la succession de cycles de température décrite ci-dessous::

68 h à la plus haute température d'enroulement ±2 °C mesurée en utilisation normale plus 10 K avec un minimum de 85 °C;

1 h à 25 °C ± 2 °C;

2 h à 0 °C ± 2 °C;

1 h à 25 °C ± 2 °C.

Deux des trois spécimens doivent alors être soumis au traitement d'humidité du 17.2 (traitement de 48 h) et à l'essai de rigidité diélectrique approprié de 18.3, la tension étant multipliée par un facteur de 1,35.

Un des trois spécimens doit être soumis, immédiatement après la dernière période à la plus haute température de l'essai de cycle thermique, à l'essai de rigidité diélectrique approprié de 18.3, qui est effectué à une tension multipliée par un facteur de 1,35.

NOTE La tension d'essai appliquée aux spécimens pour les parties liées est plus élevée que la tension d'essai normale afin de s'assurer que si les surfaces ne sont pas liées ensemble le claquage se produise.

26.2.4 Parties enfermées (par exemple, par enrobage ou imprégnation)

26.2.4.1 Pour les **transformateurs** qui sont déclarés comme ayant des parties enfermées ou scellées hermétiquement contre la pénétration de poussière et d'humidité et qui satisfont aux essais suivants, les **lignes de fuite** minimales en question peuvent être les valeurs réduites pour le **degré de pollution 1** (P1). Dans ce cas, l'essai diélectrique aux impulsions de tension du 4.1.1.2.1 de la CEI 60664-1 doit aussi être respecté.

Aucune valeur de **distance d'isolement** n'est exigée.

Les matériaux utilisés doivent être classés conformément à la CEI 60085 et à la CEI 60216.

Dans le but de vérifier si les parties sont convenablement imprégnées ou enrobées, les essais suivants sont effectués, selon les cas:

- **Essai B:**

Pour l'essai d'imprégnation ou d'enrobage, trois spécimens doivent être préparés de la façon suivante. Pour les composants enrobés ou imprégnés, la fiabilité du joint est vérifiée en soumettant les échantillons à un essai de rigidité diélectrique appliqué directement sur le joint.

Les spécimens sont soumis 10 fois à la succession de cycles de température décrite ci-dessous:

68 h à la plus haute température d'enroulement ±2 °C, mesurée en utilisation normale plus 10 K avec un minimum de 85 °C;

1 h à 25 °C ± 2 °C;

2 h à 0 °C ± 2 °C;

1 h à 25 °C ± 2 °C.

*Durant chaque essai de cycle thermique une tension du double de la **tension locale** à 50 Hz ou 60 Hz doit être appliquée entre les enroulements des spécimens aux endroits où les valeurs réduites s'appliquent.*

Deux des trois spécimens doivent ensuite être soumis au traitement d'humidité de 17.2 (traitement de 48 h) et à l'essai de rigidité diélectrique approprié de 18.3, qui est effectué avec une tension multipliée par 1,25.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Un des trois spécimens doit être soumis, à la fin de la dernière période à la plus haute température de l'essai de cycle thermique, à l'essai de rigidité diélectrique approprié de 18.3, qui est effectué à une tension multipliée par un facteur de 1,25.

26.2.4.2 Pour les **transformateurs** ayant des parties enfermées ou scellées hermétiquement contre la pénétration de poussière et d'humidité, et qui satisfont aux essais suivants, aucune **ligne de fuite** ni **distance d'isolement** n'est exigée. Seules les valeurs de distance à travers l'isolation (d.t.i.) sont applicables. Dans ce cas, l'essai diélectrique aux impulsions de tension du 4.1.1.2.1 de la CEI 60664-1 doit aussi être effectué avec succès.

Dans le but de vérifier si les parties sont convenablement imprégnées ou enrobées, les essais suivants sont effectués, selon les cas:

- **Essai C:**

Pour l'essai d'imprégnation ou d'enrobage, trois spécimens doivent être utilisés.

*Pour les composants dont l'isolation entre **parties conductrices** est solide, on doit utiliser pour les essais les composants finis. Le matériau isolant ne doit présenter ni craquelure ni interstice.*

Les spécimens doivent être soumis 10 fois à la succession de cycles de température décrite ci-dessous:

68 h à la plus haute température d'enroulement ±2 °C mesurée en utilisation normale plus 10 K avec un minimum de 85 °C

1 h à 25 °C ± 2 °C;

2 h à 0 °C ± 2 °C;

1 h à 25 °C ± 2 °C.

*Durant chaque essai de cycle thermique, une tension égale au double de la **tension locale** à 50 Hz ou 60 Hz doit être appliquée entre les enroulements des spécimens aux endroits où les valeurs réduites s'appliquent.*

Deux des trois spécimens sont ensuite soumis au traitement d'humidité de 17.2 (traitement de 48 h) et à l'essai de rigidité diélectrique approprié de 18.3, qui est effectué avec une tension d'essai multipliée par 1,35.

Un des trois spécimens doit être soumis, immédiatement après la dernière période à la plus haute température de l'essai de cycle thermique, à l'essai de rigidité diélectrique approprié de 18.3, qui est effectué à une tension multipliée par un facteur de 1,35.

26.3 Distances à travers l'isolation (dti)

Les distances à travers l'isolation (dti) sont exigées pour **l'isolation supplémentaire double** ou **renforcée** comme indiqué aux cases 2b, 2c et 7 du Tableau 13, du Tableau C.1 et du Tableau D.1.

L'isolation du matériau doit être conforme à la classification de la CEI 60085 et de la CEI 60216 ou bien satisfaire à l'essai du 14.3.

NOTE Le matériau est considéré comme ayant une résistance mécanique et une résistance au vieillissement adéquate s'il satisfait à l'essai du 14.3.

Les exigences concernant les distances à travers l'isolation n'impliquent pas que la distance prescrite doive être considérée seulement à travers une isolation solide. Elle peut consister en une épaisseur d'isolation solide et une distance d'isolement spécifiée.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

26.3.1 En cas d'isolation solide, les valeurs spécifiées dans les tableaux sont marquées par l'exposant « [d] ». Pour tout matériau classifié selon la CEI 60085 et la CEI 60216, si l'essai décrit en 14.3 est effectué avec satisfaction, il est recommandé, pour les **tensions locales** supérieures à 25 V, de multiplier par 0,4 les distances à travers l'isolation, avec au minimum, 0,2 mm d'**isolation renforcée** et 0,1 mm d'**isolation complémentaire**.

26.3.2 Pour l'isolation composée de fines feuilles de matériau isolant, l'isolation doit être telle qu'il y ait en toute place une dti et un nombre de couches spécifié de la façon suivante:

– si les couches ne sont pas séparables (collées ensembles):
  - le nombre de couches doit être de trois;
  - la feuille composite complète doit satisfaire à l'essai au mandrin du 26.3.3 (traction de 150 N);
  - les valeurs exigées pour les dti des Tableaux 13, C.1 et D.1 sont marquées par l'exposant [e)];
– si les couches sont séparées:
  - le nombre de couches doit être de deux; pour les couches dentelées séparées, une couche supplémentaire est requise (bande dentelée) plus une couche sans dentelure fixée (par exemple, adhésive);
  - chaque couche doit satisfaire à l'essai au mandrin du 26.3.3 (traction de 50 N);
  - les valeurs exigées pour les dti des Tableaux 13, C.1 et D.1 sont marquées par l'exposant [e];
– si les couches sont séparées(alternative):
  - le nombre de couches doit être de trois au moins; pour les couches dentelées séparées, une couche supplémentaire est requise (bande dentelée) plus une couche sans dentelure fixée (par exemple, adhésive);
  - les 2/3 du nombre des couches doivent satisfaire à l'essai au mandrin du 26.3.3 (traction de 100 N);
  - les valeurs exigées pour les dti des Tableaux 13, C.1 et D.1 sont marquées par l'exposant [e] .

NOTE Des couches supplémentaires sont requises en cas de couches dentelées parce que l'on présume que la dentelure des différentes couches coïncidera.

Pour un matériau conforme à la classification de la CEI 60085 et de la CEI 60216, aucune distance à travers l'isolation n'est exigée s'il satisfait à l'essai du 14.3.

Les chiffres entre crochets figurant dans les cases 2 et 7 du Tableau 13, du Tableau C.1 et du Tableau D.1 doivent être utilisés de la façon suivante:

– pour les **transformateurs** ayant une **puissance assignée** supérieure à 100 VA, les chiffres entre crochets s'appliquent;
– pour les **transformateurs** ayant une **puissance assignée** de 25 VA à 100 VA inclus, les chiffres entre crochets peuvent être réduits aux deux tiers de leur valeur;
– pour les **transformateurs** ayant une **puissance assignée** inférieure à 25 VA, les chiffres entre crochets peuvent être réduits au tiers de leur valeur.

26.3.3 Pour l'essai au mandrin, trois spécimens d'essai séparés de feuilles minces de 70 mm de largeur doivent être délivrées par le constructeur.

L'essai est effectué en fixant le spécimen de feuilles minces sur un mandrin constitué en acier nickelé ou en cuivre avec une finition de surface lisse comme indiqué à la Figure 6.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Une feuille de métal (aluminium ou cuivre) d'une épaisseur de 0,035 mm ± 0,005 mm doit être placée tout près de la surface du spécimen et soumise à une traction de 1 N. La feuille de métal doit être positionnée de façon telle que ses bords soient à 20 mm des bords du spécimen et que, lorsque le mandrin est dans sa position finale, elle couvre d'au moins 10 mm les angles sur lesquels le spécimen est placé.

Le spécimen, maintenu en place par un dispositif de serrage approprié fixé à son extrémité libre, est soumis aux tractions suivantes:

– *pour un spécimen constitué de plusieurs couches non séparables, une traction de 150 N;*
– *pour un spécimen constitué de 2/3 de couches non séparables (dentelées ou non), une traction de 100 N;*
– *pour un spécimen constitué d'une seule couche (dentelée ou non), une traction de 50 N.*

Le mandrin doit être mis lentement en rotation d'avant en arrière, trois fois, de 230°, sans secousse. Si le spécimen casse au niveau du dispositif de fixation pendant la rotation, l'essai doit être répété. Si un ou plusieurs spécimens cassent à tout autre endroit, l'essai est considéré comme non conforme. Quand le mandrin est dans sa position finale, et dans la minute qui suit son positionnement, une tension d'essai de rigidité diélectrique doit être appliquée pendant 1 min, comme décrit en 18.3, entre le mandrin et la feuille de métal, selon les indications suivantes:

– *pour un spécimen constitué de plusieurs (au moins 3) couches non séparables, une tension d'essai d'au moins 5 kV, ou la tension d'essai applicable de 18.3 multipliée par 1,35, en choisissant la tension la plus élevée;*
– *pour un spécimen constitué des 2/3 du nombre (3 au minimum) de couches séparées, une tension d'essai d'au moins 5 kV, ou la tension d'essai applicable de 18.3 multipliée par 1,25, en choisissant la tension la plus élevée;*
– *pour un spécimen constitué d'une seule des deux couches séparées, une tension d'essai d'au moins 5 kV, ou la tension d'essai applicable de 18.3, multipliée par 1,25, en choisissant la tension la plus élevée.*

Il ne doit se produire pendant l'essai ni perforation de l'isolation ni claquage, les effets corona et phénomènes similaires n'étant pas pris en considération.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau 13 – Lignes de fuite (ldf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti)
Matériau groupe IIIa (175 ≤CTI <400)

NOTE Le tableau ci-dessous s'étend sur plusieurs pages. Les notes et notes de bas de tableau figurent sur la dernière page du tableau. *Dimensions en millimètres*

	Type d'isolation	Mesures				Tensions locales[b] V											
		A travers l'émail des bobinages [a]		Autres qu'à travers l'émail des bobinages		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	d	ldf	d	ldf	d	ldf	d	ldf	d	ldf	d	ldf
1) Isolation entre **circuits primaires** et **circuits secondaires** (**isolation principale**)	a) **Lignes de fuite** et **distances d'isolement** entre **parties actives** des **circuits primaires** et **parties actives** des **circuits secondaires**	X		X	X	0,2 0,8 0,2 0,8	1,2 1,9 1,2 1,9	0,5 0,8 0,2 0,8	1,4 2,2 1,4 2,2	1,5 1,5 0,5 0,8	1,6 2,5 1,6 2,5	3,0 3,0 1,5 1,5	3,0 4,7 3,0 4,7	5,5 5,5 3,0 3,0	6,0 9,5 6,0 9,5	8,0 8,0 5,5 5,5	10,0 16,0 10,0 16,0
			X														
	Valeurs réduites, voir 26.2 (P1)					–	0,18	–	0,25	–	0,3	–	0,7	–	1,7	–	3,2
	b) Distance à travers l'isolation entre les **circuits primaires** ou les **circuits secondaires** et un écran métallique relié à la terre	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						Pas d'exigences pour l'épaisseur											
	c) Distances à travers l'isolation entre **circuits primaires** et **circuits secondaires**	X	X	X	X	Pas d'exigences pour l'épaisseur											
2) Isolation entre **circuits primaires** et **circuits secondaires** (**isolation double** ou **renforcée**)	a) **Lignes de fuite** et **distances d'isolement** entre **parties actives** des **circuits primaires** et **parties actives** des **circuits secondaires**	X		X	X	0,5 0,8 0,2 0,8	1,4 2,2 1,4 2,2	1,5 1,5 0,5 0,8	2,0 3,2 2,0 3,2	3,0 3,0 1,5 1,5	3,0 4,7 3,0 4,7	5,5 5,5 3,0 3,0	6,0 9,5 6,0 9,5	8,0 8,0 5,5 5,5	12,0 19,2 12,0 19,2	14,0 14,0 8,0 8,0	20,0 32,0 20,0 32,0
			X														
	Valeurs réduites, voir 26.2 (P1)					–	0,25	–	0,4	–	0,7	–	1,7	–	4,0	–	7,5
	b) Distance à travers l'isolation entre les **circuits primaires** ou les **circuits secondaires** et un écran métallique relié à la terre voir 26.3	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						0,1[d] [0,05][e]		0,2[d] [0,07] [e]		0,25[d] [0,08] [e]		0,5[d] [0,16] [e]		0,7[d] [0,19] [e]		1,0[d] [0,25] [e]	
	c) Distances à travers l'isolation entre circuits d'entrée et **circuits secondaires** voir 26.3	X	X	X	X	0,2[d] [0,1][e]		0,3[d] [0,1][e]		0,5[d] [0,15][e]		1,0[d] [0,3][e]		1,5[d] [0,4][e]		2,0[d] [0,5][e]	

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau 13 *(suite)*

	Type d'isolation	Mesures				Tensions locales[b] V											
		A travers l'émail des bobinages[a]		Autres qu'à travers l'émail des bobinages		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf
3) Isolation **entre circuits primaires** adjacents ou entre **circuits secondaires adjacents**[c g]	**Lignes de fuite**s et **distances d'isolement**	X	X	X	X	0,2 0,8	1,2 1,9	0,2 0,8	1,4 2,2	0,2 0,8	1,6 3,1	0,5 0,8	3,0 4,7	1,5 1,5	6,0 9,5	3,0 3,0	10 16
	Valeurs réduites (voir 26.2 (P1))					–	0,18	–	0,25	–	0,3	–	0,7	–	1,7	–	3,2
4) **Lignes de fuite** et **distances d'isolement** entre bornes pour les connexions des câbles et conducteurs externes à l'exclusion de celles entre vis des bornes des **circuits primaires** et **secondaires**	a) Jusqu'à 6 A inclus	X	X	X	X	3,0		3,6		4,0		6,0		9,0		12,5	
	b) Au-dessus de 6 A jusqu'à 16 A inclus	X	X	X	X	5,0		6,0		7,0		10,0		13,0		16,0	
	c) Au-dessus de 16 A	X	X	X	X	10,0		11,0		12,0		14,0		17,0		20,0	
5) **Isolation principale** ou **supplémentaire**[h]	Entre: a) **parties actives** de polarité différente b) **parties actives** et la **masse** si celle-ci est destinée à être connectée au conducteur de terre de protection c) **parties conductrices accessibles** et une tige de métal de même diamètre que le câble souple (ou une feuille métallique enroulée autour du câble) introduite dans l'orifice des traversées, dispositifs d'arrêt et analogues d) **parties actives** et une **partie conductrice intermédiaire** e) une **partie conductrice intermédiaire** et la **masse**	X	X	X	X	0,2 0,8 0,2 0,8	1,2 1,9 1,2 1,9	0,5 0,8 0,2 0,8	1,4 2,2 1,4 2,2	1,5 1,5 0,5 0,8	1,6 2,5 1,6 2,5	3,0 3,0 1,5 1,5	3,0 4,7 2,9 4,7	5,5 5,5 3,0 3,0	6,0 9,5 6,0 9,5	8,0 8,0 5,5 5,5	10,0 16,0 10,0 16,0
	Valeurs réduites (voir 26.2 (P1))					–	0,18	–	0,25	–	0,3	–	0,7	–	1,7	–	3,2

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau 13 *(suite)*

	Type d'isolation	Mesures				Tensions locales[b] V											
		A travers l'émail des bobinages[a]		Autres qu'à travers l'émail des bobinages		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf
6) **Isolation double** ou **renforcée**	Entre **masse** et **parties actives** ou si elle est exigée par la norme (à l'exclusion de l'isolation entre **circuits primaires** et **secondaires**)	X		X	X	0,5 0,8 0,2 0,8	1,4 2,2 1,4 2,2	1,5 1,5 0,5 0,8	2 3,2 2 3,2	3,0 3,0 1,5 1,5	3,0 4,7 3,0 4,7	5,5 5,5 3,0 3,0	6,0 9,5 6,0 9,5	8,0 8,0 5,5 5,5	12,0 19,2 12,0 19,2	14,0 14,0 8,0 8,0	20,0 32,0 20,0 32,0
			X														
	Entre **masse** et **parties actives** des **circuits secondaires** s'ils sont protégés par des dispositions additionnelles contre les tensions transitoires	X	X	X	X	0,2 0,8	1,4 2,2	0,2 0,8	2 3,2	0,5 0,8	3,0 4,7	1,5 1,5	6,0 9,5	3,0 3,0	12,0 19,2	5,5 5,5	20,0 32,0
	Valeurs réduites, voir 26.2 (P1)					–	0,25	–	0,4	–	0,7	–	1,7	–	4,0	–	7,5
7) Distances à travers l'isolation	a) Isolation p**rincipale**[f]	X	X	X	X	Pas d'exigences pour l'épaisseur											
						dti		dti		dti		dti		dti		dti	
	b) Isolation s**upplémentaire**[f]	X	X	X	X	0,1[d] [0,05][e]		0,15[d] [0,05][e]		0,25[d] [0,08][e]		0,5[d] [0,15][e]		0,75[d] [0,20][e]		1,0[d] [0,25][e]	
	c) Isolation r**enforcée** (à l'exclusion de l'isolation entre **circuits primaires** et **secondaires**)	X	X	X	X	0,2[d] [0,1][e]		0,3[d] [0,1][e]		0,5[d] [0,15][e]		1,0[d] [0,3][e]		1,5[d] [0,4][e]		2,0[d] [0,5][e]	

NOTE 1 Pour les matériaux du groupe II, voir l'Annexe C et pour les matériaux du groupe I, voir l'Annexe D

NOTE 2 P1 = **pollution degré** 1 P2 = **pollution degré** 2 P3 = **pollution degré** 3

NOTE 4 Lorsqu'un nombre est remplacé par un tiret dans l'une quelconque des colonnes du tableau, cela signifie qu'aucune valeur n'est requise.

NOTE 4 Les valeurs minimales de **distance d'isolement** de ce tableau sont applicables dans l'air jusqu'à 2000 m au-dessus du niveau de la mer.

[a] Mesures à travers l'émail des fils de bobinage si ces fils satisfont au moins au grade 1 de la CEI 60317.

[b] Les valeurs des **lignes de fuite**, **distances d'isolement** et distances à travers l'isolation peuvent être obtenues pour des valeurs intermédiaires de **tension locale** par interpolation entre les valeurs du tableau. Aucune valeur n'est requise pour les **tensions locales** inférieures à 25 V, la tension d'essai du Tableau 8a étant considérée comme suffisante.

[c] Ces valeurs ne s'appliquent pas:
– à l'intérieur de chaque enroulement ou entre groupes d'enroulements destinés à être connectés ensemble, sous réserve que les extrémités des enroulements à connecter ensemble soient au même potentiel,
– là où la **tension locale** ne dépasse pas 300 V et les fils de bobinage satisfont au moins au grade 1 de la CEI 60317, si seuls les enroulements sont destinés à être connectés en série ou en parallèle (par exemple tensions primaires 110/220 V).

[d] Pour l'isolation solide.

[e] Dans le cas d'une isolation constituée de feuilles fines

[f] Lorsqu'une **double isolation** est prescrite entre les **circuits primaires** et **secondaires**, l'épaisseur totale à travers l'isolation doit être la même que celle indiquée à la case 2 c), que la mesure soit directe ou via des parties métalliques, à l'exception des fils isolés (voir 19.12).

[g] Pour l'isolation entre des **circuits TBTS** et des circuits autres que **TBTS** et **TPTP**, les valeurs de cette case doivent être remplacées par celles des cases 6 et 7 (conformément au 19.1).

[h] En cas de claquage de l'**isolation principale** ou de l'**isolation complémentaire, l'épaisseur de l'isolation** s'ajoute à la distance d'isolement.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

27 Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement

Pour les composants qui ont été préalablement soumis aux essais des normes CEI qui leur sont applicables et dont les essais et exigences présentent un niveau de sévérité identique à celui des essais et exigences de la présente norme, les essais suivants ne sont pas obligatoires.

27.1 Résistance à la chaleur

Toutes les parties en matière isolante du **transformateur** doivent être résistantes à la chaleur.

Les essais suivants ne s'appliquent pas aux parties en caoutchouc naturel ou synthétique qui doivent être essayées conformément à 19.9. Ils ne s'appliquent pas non plus aux parties en matériau céramique.

La conformité est vérifiée en soumettant les parties en matière isolante à un essai à la bille conforme aux paragraphes 27.1.1 et 27.1.2, selon ce qui s'applique, au moyen de l'appareil représenté à la Figure 4.

L'essai n'est pas effectué pour les câbles et les petits connecteurs de courant assigné ≤ 3A et de tension assignée ≤ 24V en courant alternatif, ou ≤ 60 en courant continu, avec une puissance ne dépassant pas 72 W.

L'essai doit être effectué dans une étuve à une température spécifiée ci-dessous.

NOTE 1 Des détails sur la procédure d'essai à la bille sont données dans la CEI 60695-10-2.

La surface de la partie à essayer doit être disposée horizontalement et une bille d'acier de 5 mm de diamètre doit être appuyée contre la surface avec une force de 20 N.

Après 1 h, la bille est retirée du spécimen que l'on refroidit, dans les 10 s qui suivent, en l'immergeant dans de l'eau froide, jusqu'à atteindre environ la température ambiante. Le diamètre de l'empreinte laissée par la bille est mesuré et ne doit pas être supérieur à 2 mm.

27.1.1 Parties externes accessibles

Les parties externes accessibles en matière isolante doivent être résistantes à la chaleur.

La conformité est vérifiée par l'essai suivant.

L'essai est effectué à une température de (70 ± 2) °C, ou à une température de (T + 15 ± 2) °C, où T est la température de la partie considérée pendant l'essai de 14.1, la valeur la plus élevée étant retenue.

La température de la partie correspondante doit être mesurée au point le plus chaud, qui est normalement à l'intérieur pour une **enveloppe**.

NOTE 1 La constante 15 °C est la marge de sécurité.

27.1.2 Parties internes

Les parties internes en matière isolante maintenant en position les parties transportant le courant doivent être résistantes à la chaleur.

La conformité est vérifiée par l'essai suivant.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

L'essai doit être effectué à une température de (125 ± 2) °C, ou à une température de (T + 15 ± 2) °C, où T est la température de la partie considérée pendant l'essai de 14.1, la valeur la plus élevée étant retenue.

NOTE 1 La constante 15 °C est la marge de sécurité.

NOTE 2 L'essai n'est pas effectué sur les parties en matériau céramique, les bobines et le verre.

27.2 Résistance à une chaleur anormale en cas de défaillance

En cas de défaillance, les **transformateurs** IP20 et au-dessus ne doivent pas se comporter comme une source d'inflammation, et l'isolation entre les enroulements ne doit pas conduire à une rupture; de plus, les parties actives dangereuses ne doivent pas être accessibles.

*La conformité est vérifiée par les essais de 27.2.1 et 27.2.2. Cet essai n'est pas exigé sur les **transformateur non dangereux en cas de défaillance** déjà couverts par 15.5.*

Pour cet essai, un ou deux spécimens supplémentaires spécialement préparés sont exigés. Un court-circuit est soit volontairement réalisé dans le ou les enroulements, soit rendu possible en court-circuitant les fils connectés à l'enroulement ou aux enroulements fournis par le fabricant.

Si le **transformateur** est muni d'un dispositif de protection thermique dans le **circuit primaire**, le court-circuit est introduit dans l'**enroulement secondaire** et vice-versa.

Si le **transformateur** est muni d'un dispositif de protection thermique dans le **circuit primaire** comme dans le **circuit secondaire**, le court-circuit est introduit dans chaque enroulement dans deux spécimens distincts.

Le court-circuit doit être réalisé au milieu de l'enroulement. S'il y a plus d'un enroulement, le court-circuit doit être fait sur l'enroulement thermiquement le plus éloigné du dispositif thermique.

Le pourcentage de spires à court-circuiter doit être approximativement égal à la **tension de court-circuit** exprimée en pourcentage de la **tension d'alimentation assignée**. Le spécimen ainsi préparé doit ensuite être essayé de la façon suivante. Le **transformateur**, à vide, doit être alimenté à 1,1 fois la **tension primaire assignée** à la température ambiante et la puissance primaire mesurée (watt) doit être égale à la **puissance assignée** avec une tolérance de ±20 %. Pendant l'essai, aucun ajustement ne doit être réalisé.

27.2.1 *Les **transformateurs mobiles** doivent être placés sur un support en contreplaqué peint en noir mat comme décrit en 14.1.*

*Les **transformateurs fixes** qui ne sont pas destinés à être intégrés doivent être montés dans la position la plus défavorable survenant en usage normal, sur un support en contreplaqué, peint en noir mat comme décrit en 14.1. Lorsque la position la plus défavorable d'utilisation est verticale ou au plafond, le **transformateur fixe** et le support sont placés dans cette position (200 ± 5) mm au-dessus d'un panneau en bois de pin blanc d'environ 10 mm d'épaisseur, couvert d'une couche unique de papier mousseline.*

*Pour cet essai, les **circuits primaires** doivent être protégés par un fusible ou un disjoncteur de courant assigné égal à 10 fois le courant assigné du **transformateur,** sans être inférieur à 16 A.*

*Le **transformateur**, avec ses dispositifs de protection lorsque c'est applicable, doit être essayé comme spécifié ci dessus pendant 15 jours mais sans charge. Le résultat doit être une interruption définitive dans le circuit. Si aucune interruption définitive ne se produit après cette période, l'alimentation est interrompue.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*Pour les **transformateurs** avec des dispositifs de protection à réenclenchement automatique, tous les dispositifs sont court-circuités.*

*Si le dispositif de protection **sans réenclenchement automatique** ou interchangeable, s'il y a lieu, interrompt le circuit, l'alimentation doit être interrompue et on doit laisser le **transformateur** refroidir pendant 2 h. Ensuite le dispositif de protection doit être réenclenché ou remplacé, l'alimentation doit être rétablie jusqu'à ce que le dispositif interrompe le circuit ou qu'une interruption se produise dans le **transformateur**. Si aucune interruption dans le **transformateur** ne se produit, on doit effectuer 30 cycles dans le cas de dispositifs réarmables ou 10 cycles dans le cas de dispositifs interchangeables. Chaque cycle consiste en l'alimentation du **transformateur** jusqu'à l'interruption du circuit par le dispositif de protection, suivie par 2 h de coupure.*

*Pendant l'essai, aucune flamme ne doit se produire et le **transformateur** ne doit pas être source d'inflammation pour l'environnement. La température du support ne doit pas dépasser 125 °C. Dans le cas de **transformateurs fixes** placés en position verticale ou au plafond, si des gouttes enflammées tombent, elles ne doivent pas enflammer le papier mousseline ou roussir la planche en bois de pin.*

27.2.2 *Après l'essai de 27.2.1 et après refroidissement à température ambiante, ce qui suit s'applique.*

*a) Pour les **transformateurs** où une interruption définitive s'est produite dans le **circuit primaire**, le **transformateur** doit résister à un essai de rigidité diélectrique, la tension d'essai étant égale à 35 % de la valeur selon l'Article 18, Tableau 8a.*

*b) Pour les **transformateurs** où aucune interruption définitive ne s'est produite après l'essai cyclique, le **transformateur** doit résister aux valeurs de tensions d'essai selon l'Article 18, Tableau 8a.*

*Les **transformateurs** ayant un indice de protection IP20 et au-dessus ne doivent pas présenter de trous autorisant le doigt d'épreuve normalisé, appliqué sans force appréciable, à toucher des **parties actives dangereuses**. En cas de doute, le contact avec des **parties actives dangereuses** est détecté au moyen d'un indicateur électrique, la tension étant d'au moins 40 V. Si l'un des spécimens ne passe pas l'essai avec succès, l'essai complet est défaillant.*

27.3 Résistance au feu

Toutes les parties du **transformateur** réalisées en matière isolante doivent être résistantes à l'inflammation et à la propagation du feu.

Cette exigence ne s'applique pas aux garnitures, boutons et autres parties non susceptibles d'être enflammées ou de propager des flammes issues de l'intérieur du **transformateur**.

La conformité est vérifiée en soumettant les parties en matière isolante à l'essai au fil incandescent spécifié dans la CEI 60695-2-1, modifié dans l'Annexe E de la présente norme.

*L'essai doit être effectué sur un **transformateur** entier. En cas d'impossibilité, un spécimen approprié de la partie à essayer doit être utilisé.*

*Si nécessaire, des parties de l'**enveloppe** peuvent être enlevées ou un spécimen adéquat peut être découpé pour exécuter l'essai. Cependant, on doit veiller à ce que les conditions de l'essai ne soient pas sensiblement différentes des conditions normales d'emploi en ce qui concerne la forme, la ventilation, l'effet des contraintes thermiques, les flammes susceptibles de se produire, les gouttelettes enflammées ou particules incandescentes tombant à proximité du spécimen.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Toute flamme ou incandescence du spécimen doit s'éteindre dans les 30 s après le retrait du fil incandescent. Toute goutte enflammée ou en fusion ne doit pas enflammer le papier mousseline, comme spécifiée en 4.187 de l'ISO 4046-4, étendue horizontalement à (200 ± 5) mm au dessus du spécimen.

L'essai est effectué sur un seul spécimen. En cas de doute quant aux résultats de l'essai, ce dernier est répété sur deux spécimens supplémentaires, qui doivent alors tous deux satisfaire à l'essai.

27.3.1 Parties externes accessibles

Les parties externes en matière isolante doivent être résistantes à l'inflammation et à la propagation du feu.

*La conformité est vérifiée en soumettant les **enveloppes** et les autres **parties** externes **accessibles** à l'essai au fil incandescent avec les températures de fil incandescent suivantes:*

– *650 °C pour les **enveloppes**;*
– *650 °C pour les parties maintenant en position des parties transportant le courant et des bornes pour les conducteurs extérieurs transportant un courant jusqu'à 0,2 A en fonctionnement normal;*
– *750 °C pour les parties maintenant en position des parties transportant le courant et des bornes pour les conducteurs extérieurs à raccordement fixe (exemple, soudure) transportant un courant dépassant 0,2 A en fonctionnement normal;*
– *850 °C pour les parties maintenant en position des parties transportant le courant et des bornes pour les conducteurs extérieurs à raccordement non fixe transportant un courant dépassant 0,2 A en fonctionnement normal.*

Aucun essai au fil incandescent n'est exigé pour les matières isolantes sous forme de feuille mince ayant une épaisseur inférieure ou égale à 0,2 mm.

27.3.2 Parties internes

Les parties en matière isolante maintenant en position des parties transportant le courant doivent être résistantes à l'inflammation et à la propagation du feu.

La conformité est vérifiée en soumettant les parties en matière isolante à l'essai au fil incandescent avec les températures de fil incandescent suivantes:

– *550 °C pour les parties internes en matière isolante ne maintenant pas en position de partie transportant le courant;*
– *650 °C pour les carcasses de bobines (bobines);*
– *650 °C pour les parties maintenant en position des parties transportant le courant et des bornes pour conducteurs extérieurs transportant un courant jusqu'à 0,2 A en fonctionnement normal;*
– *750 °C pour les parties maintenant en position des parties transportant le courant et des bornes pour les conducteurs extérieurs à raccordement fixe (exemple, soudure) transportant un courant dépassant 0,2 A en fonctionnement normal;*
– *850 °C pour les parties maintenant en position des parties transportant le courant et des bornes pour les conducteurs extérieurs à raccordement non fixe transportant un courant dépassant 0,2 A en fonctionnement normal.*

Aucun essai au fil incandescent n'est exigé pour les matières isolantes sous forme de feuille mince ayant une épaisseur inférieure ou égale à 0,2 mm.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

27.4 Résistance au cheminement

Pour les **transformateurs** ayant un indice de protection autre que IPX0, les parties en matière isolante maintenant en position les parties transportant le courant doivent avoir une résistance aux courants de cheminement correspondant au minimum à celle des matériaux du groupe IIIa, si elles sont exposées à une pollution de degré 3.

Pour les matériaux autres que la céramique, la conformité est vérifiée par les essais de l'Annexe G.

Il ne doit y avoir ni amorçage ni claquage entre les électrodes avant qu'un total de 50 gouttes ne soit tombé.

28 Protection contre la rouille

Les parties en métaux ferreux dont l'oxydation pourrait rendre le **transformateur** dangereux, doivent être protégées efficacement contre la rouille.

NOTE 1 Cette exigence s'applique aux surfaces externes des noyaux en fer, mais dans ce cas une protection par une couche de vernis est considérée comme efficace.

La conformité est vérifiée par inspection et, en cas de doute, par l'essai suivant.

Les parties à essayer doivent être immergées dans du trichloréthane pendant 10 min afin d'éliminer toute graisse. Elles doivent ensuite être plongées pendant 10 min dans une solution à 10 % de chlorure d'ammonium dans de l'eau, maintenue à une température de (20 ± 5) °C. On doit enfin les placer, sans les avoir préalablement séchées mais après avoir secoué les gouttes éventuelles, dans une enceinte à atmosphère saturée d'humidité à une température de (20 ± 5) °C, pendant 10 min.

Lorsque toutes les parties ont été séchées pendant 10 min dans une étuve à une température de (100 ± 5) °C, elles ne doivent présenter aucune trace de rouille sur leurs surfaces.

NOTE 2 On ne prend pas en considération des traces de rouille sur les arêtes, ni un voile jaunâtre disparaissant par simple frottement

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Dimension en millimètres

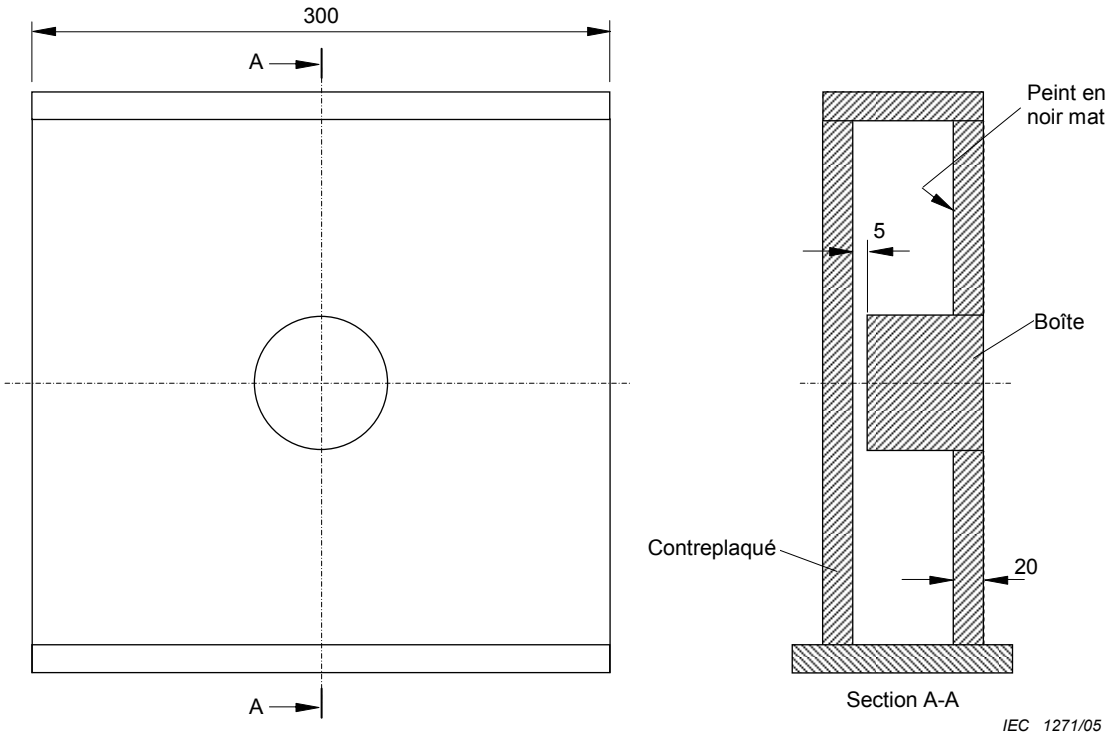
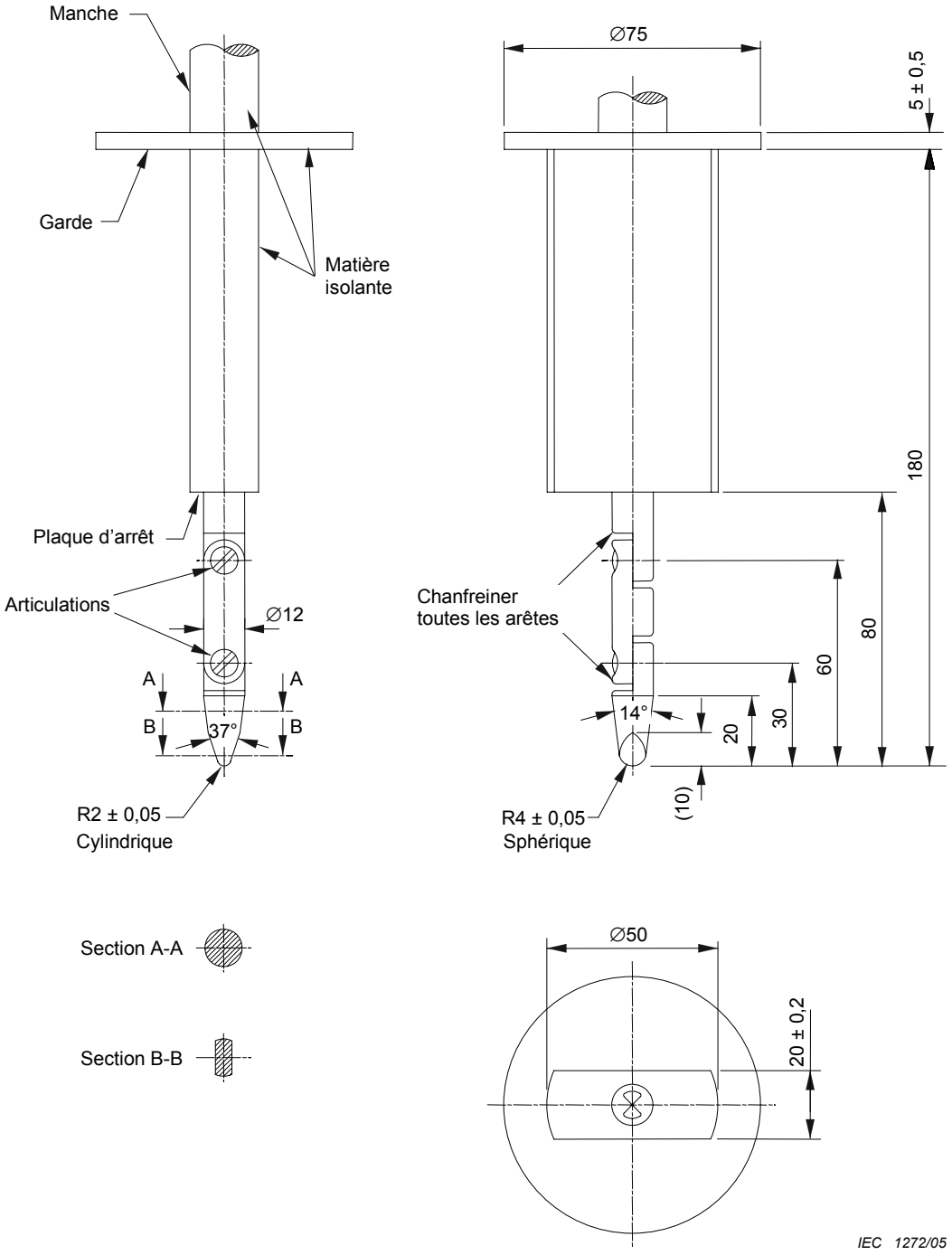


Figure 1 – Boîte de montage pour transformateur pour pose encastrée (voir 5.10)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Matière: métal sauf spécification contraire

Dimensions linéaires en millimètres

Tolérances applicables aux dimensions sans indication de tolérance

sur les angles: 0/–10'

sur les dimensions:

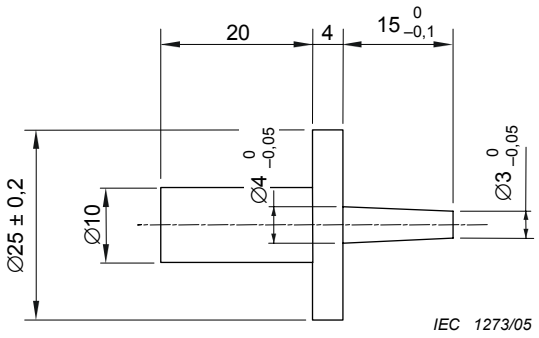
– jusqu'à 25 mm: $^{0}_{-0,05}$

– au-dessus de 25 mm: ±0,2

Les deux articulations doivent permettre un mouvement dans le même plan et le même sens de 90° avec une tolérance de 0 à +10°.

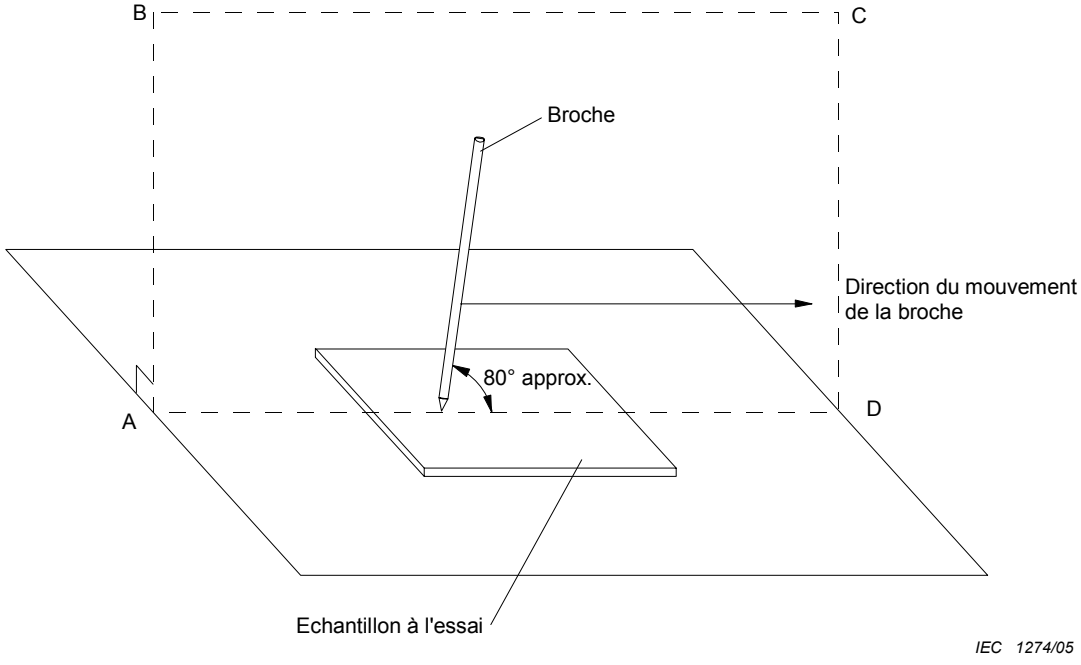
Figure 2 – Doigt d'épreuve normalisé (voir 9.1.2, 15.5.2 et la CEI 61032 calibre d'essai B)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Dimensions en millimètres

Figure 3 – Broche d'essai (voir 9.2 et la CEI 61032 calibre d'essai 13)



NOTE La broche est dans le plan ABCD perpendiculaire au spécimen en essai.

Figure 4 – Essai de résistance à l'abrasion pour les couches de revêtement isolant

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

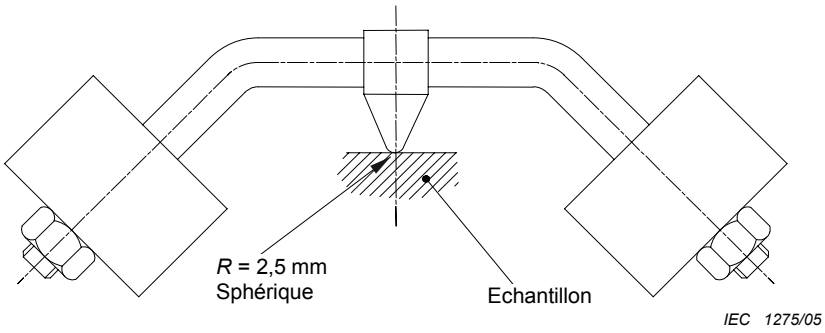


Figure 5 – Appareil pour l'essai à la bille (voir 27.1)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

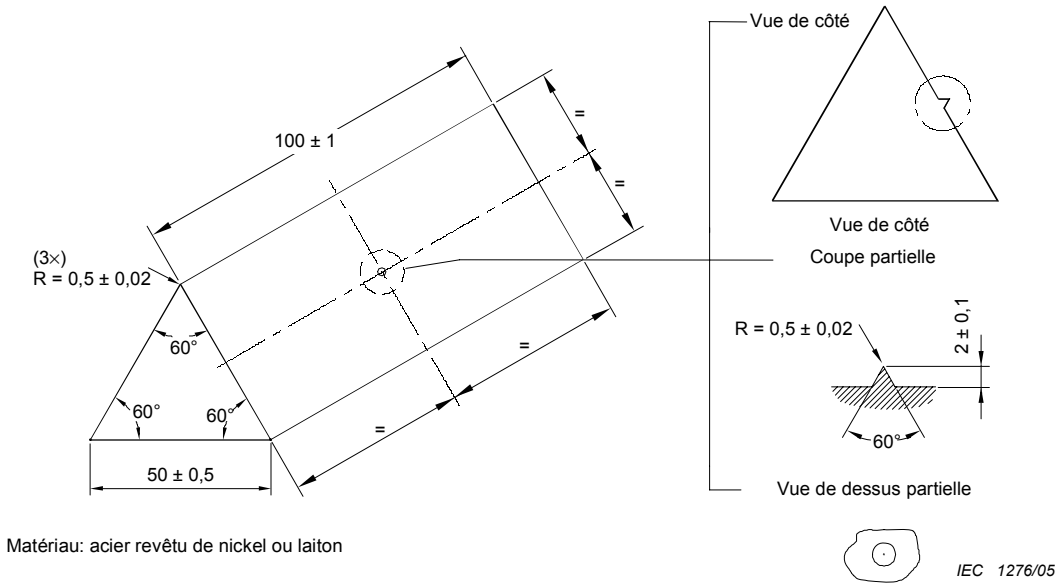


Figure6a – Mandrin

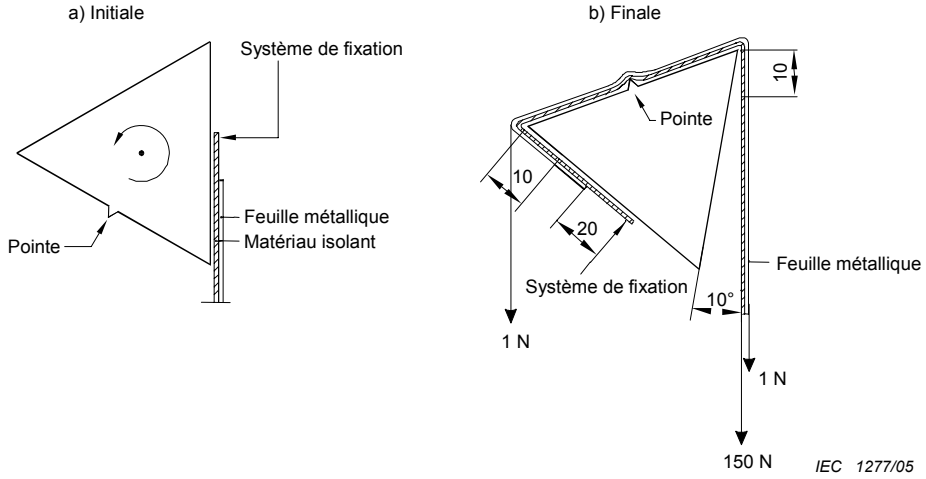


Figure 6b – Position du mandrin

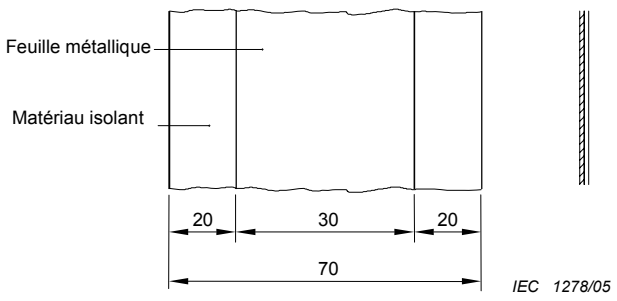


Figure 6c – Position de la feuille métallique sur le papier

Figure 6 – Disposition d'essai pour vérifier la résistance mécanique des isolantes en couches minces (voir 26.3)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

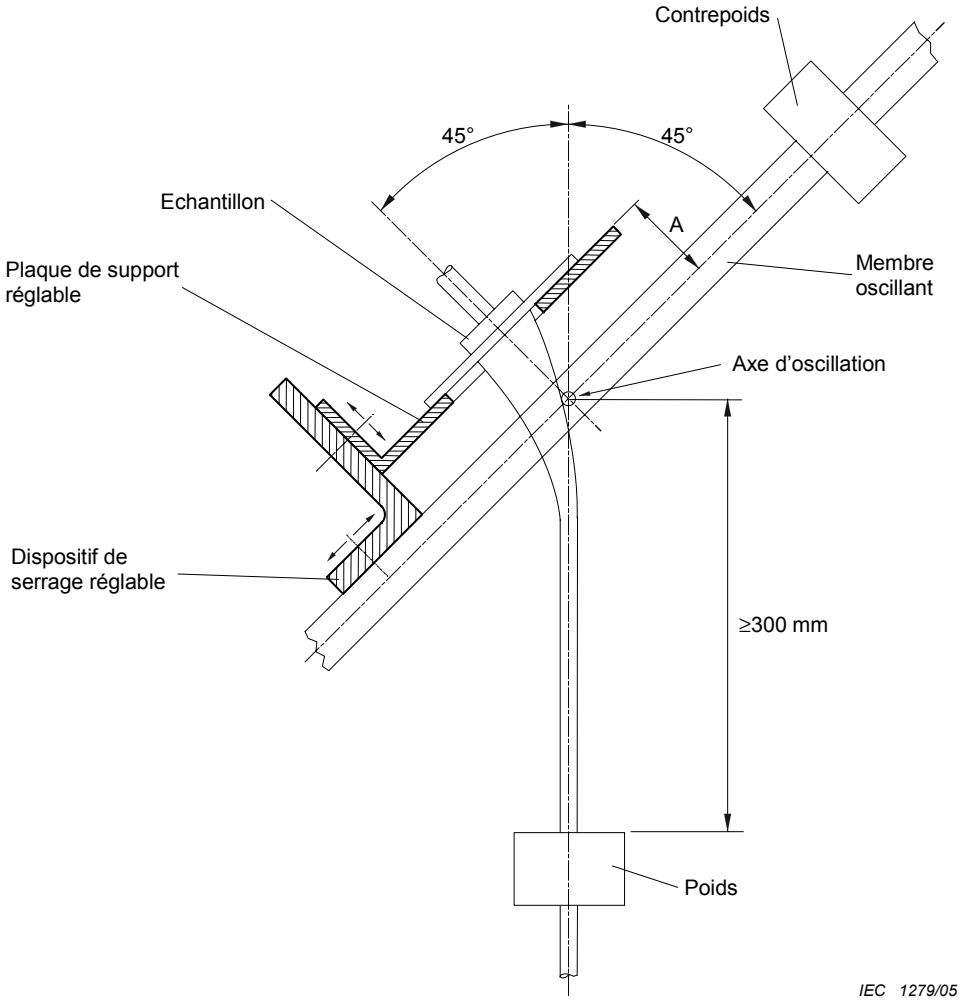


Figure 7 – Appareil d'essai de flexion (voir 22.9.4)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

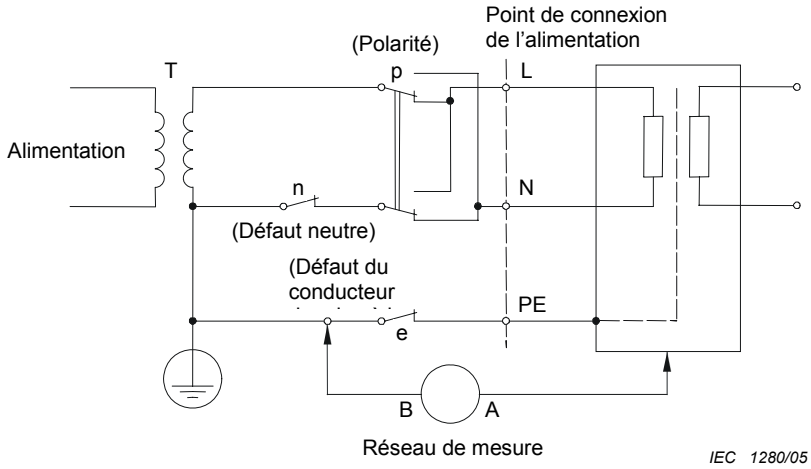


Figure 8 – Configuration d'essai: équipement monophase sur système en étoile TN ou TT

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe A
(normative)

Mesures des distances d'isolement et des lignes de fuite

Les largeurs *X* des rainures spécifiées dans les exemples 1 à 10 illustrés ci-dessous s'appliquent à tous les exemples en fonction du **degré de pollution**, de la façon suivante:

Degré de pollution	**Valeurs minimales de la largeur X des rainures** mm
1	0,25
2	1,0
3	1,5
NOTE Si la **distance d'isolement** associée est inférieure à 3 mm, la largeur minimale de la rainure peut être réduite au tiers de la valeur de cette **distance d'isolement**.	

Les méthodes de mesure des **lignes de fuite** et des **distances d'isolement** sont indiquées dans les exemples 1 à 10. Ces exemples ne font pas la différence entre les intervalles et les rainures ou entre les types d'isolation.

Les suppositions suivantes ont été faites:

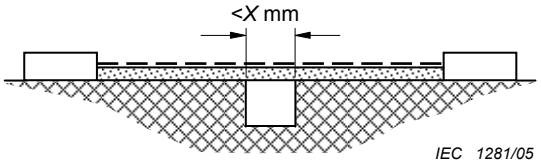
– *tout puits est supposé être ponté par une liaison isolante de longueur égale à la largeur X spécifiée et placée dans la position la plus défavorable (voir exemple 3);*

– *lorsque la distance entre les arêtes supérieures d'une rainure est supérieure ou égale à la largeur X spécifiée**, une ligne de fuite** est mesurée le long des contours de la rainure (voir exemple 2);*

– *les **lignes de fuite** et les **distances d'isolement** mesurées entre les parties mobiles l'une par rapport à l'autre sont mesurées lorsque ces parties se trouvent dans leurs positions les plus défavorables.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

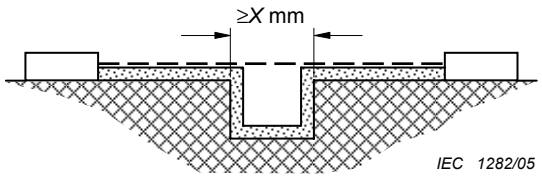
Exemple 1



Condition: Ce chemin de **ligne de fuite** comprend une encoche à flancs parallèles ou convergents, de profondeur quelconque et de largeur inférieure à *X* mm.

Règle: La **ligne de fuite** et la **distance d'isolement** sont mesurées en ligne droite au-dessus de l'encoche, comme indiqué ci-dessus.

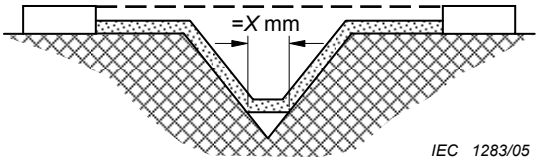
Exemple 2



Condition: Ce chemin de **ligne de fuite** comprend une encoche à flancs parallèles de profondeur quelconque et de largeur égale ou supérieure à *X* mm.

Règle: La **distance d'isolement** est la distance en ligne droite. Le chemin de la **ligne de fuite** longe le profil de l'encoche.

Exemple 3



Condition: Ce chemin de **ligne de fuite** comprend une encoche en V dont l'angle d'ouverture est inférieur à 80° et dont la largeur est supérieure à *X* mm.

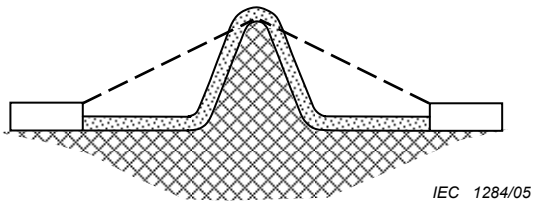
Règle: La **distance d'isolement** est la distance en ligne droite. Le chemin de la **ligne de fuite** longe le profil de l'encoche mais «court-circuite» le bas de l'encoche par un tronçon de *X* mm.

— — — — — Distance d'isolement

Ligne de fuite

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

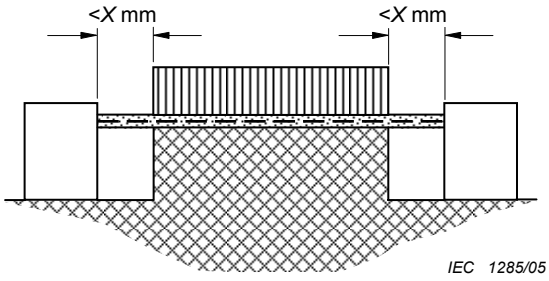
Exemple 4



Condition: Ce chemin de ligne de fuite comprend une nervure.

Règle: La **distance d'isolement** est le chemin dans l'air le plus court par dessus le sommet de la nervure. Le chemin de la **ligne de fuite** longe le profil de la nervure.

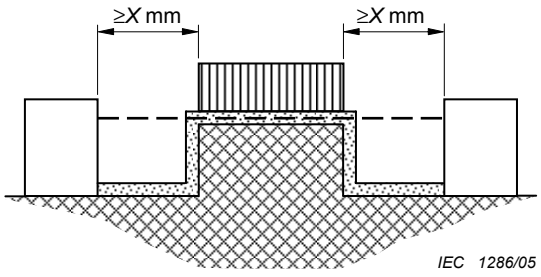
Exemple 5



Condition: Ce chemin de **ligne de fuite** comprend deux parties non collées avec des encoches de largeur inférieure à *X* mm de chaque côté.

Règle: Le chemin de la **ligne de fuite** et de la **distance d'isolement** est la distance en ligne droite indiquée ci-dessus.

Exemple 6



Condition: Ce chemin de **ligne de fuite** comprend deux parties non collées avec des encoches de largeur égal ou supérieure à *X* mm de chaque côté.

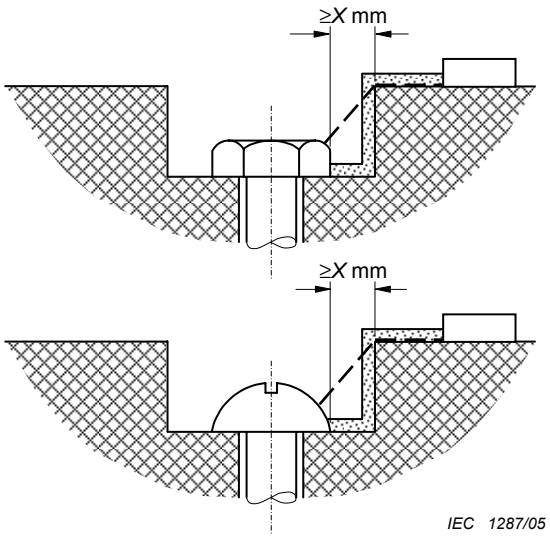
Règle: La **distance d'isolement** est la distance en ligne droite. Le chemin de la **ligne de fuite** longe le profil de l'encoche.

— — — — — Distance d'isolement

Ligne de fuite

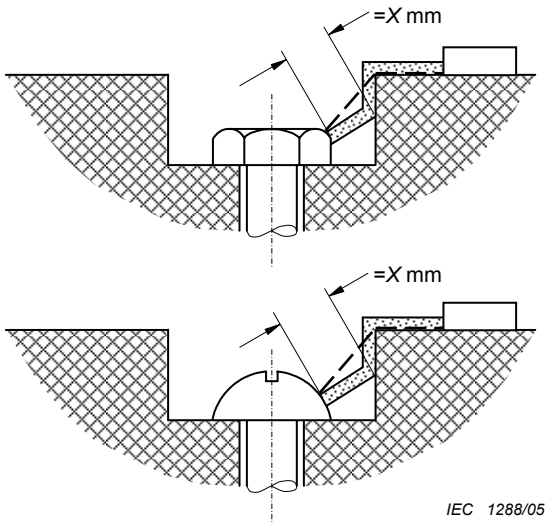
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Exemple 9



Distance entre tête de vis et paroi du logement trop faible pour être comptée.

Exemple 10



Distance entre tête de vis et paroi du logement suffisante pour être comptée.

— — — — — Distance d'isolement

Ligne de fuite

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe B
(normative)

Essais d'une série de transformateurs

Les exigences de cette annexe ont pour objet de faciliter les essais d'une série de **transformateurs**.

B.1 Si une série de **transformateurs** doit être essayée, le nombre d'échantillons à essayer peut être réduit.

Des **transformateurs** peuvent être considérés comme étant une série si:

a) ils sont de la même famille, cela signifiant qu'ils sont couverts par la même partie 2;

b) ils sont de même construction, ce qui signifie que

- le feuilletage ou le noyau est du même type de modèle et fait du même matériau,
- le même type de technologie des enroulements a été utilisé (par exemple concentriques ou à deux chambres, même système d'isolation),
- la même technologie d'assemblage a été utilisée (par exemple type ouvert, type fermé, type encapsulé, imprégné, enrobé, etc.),
- le même type de protection contre les surcharges a été utilisé (par exemple fusibles, **coupe-circuit thermique**, etc.),
- ils ont le même domaine de fréquences;

c) ils sont conçus pour les mêmes températures ambiantes minimale et maximale.

Des variations dans les paramètres suivants sont permises pourvu que les **transformateurs** satisfassent par ailleurs complètement aux règles détaillées ci-dessus:

- paramètre 1: domaine des tensions primaires;
- paramètre 2: domaine des tensions secondaires;
- paramètre 3: nombre de prises et/ou d'enroulements;
- paramètre 4: fréquence de l'alimentation dans le domaine des fréquences déclaré;
- paramètre 5: **puissance assignée**.

B.2 Le nombre d'échantillons nécessaire pour les essais d'une série de **transformateurs** définie comme ci-dessus doit être:

a) pour les paramètres 1) 2) et 3): deux échantillons au minimum et pas plus de quatre échantillons choisis de façon à s'assurer qu'ils représentent la situation la plus défavorable pour la famille en essai;

NOTE 1 Il y a lieu de choisir les échantillons selon les règles suivantes:

– un de la plus faible **puissance assignée** ayant les tensions les plus élevées et le plus faible nombre de prises;

– un de la plus forte **puissance assignée** ayant les tensions les plus basses et le plus faible nombre de prises;

– un de la plus faible **puissance assignée** ayant le plus grand nombre de prises et la plus grande différence de tensions entre deux enroulements adjacents;

– un de **puissance assignée** moyenne ayant des tensions moyennes et un nombre moyen de prises;

– un de la plus forte **puissance assignée** ayant les tensions les plus basses et le plus grand nombre d'enroulements.

Quand deux échantillons seulement sont choisis, il y a lieu de les choisir selon les deux premières règles.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

b) pour le paramètre 4): un échantillon de la plus basse fréquence et, en cas de doute, un échantillon de la plus haute fréquence à l'intérieur du domaine;

NOTE 2 Si cela est possible, l'échantillon peut être le second échantillon choisi pour les paramètres 1), 2) et 3).

c) pour le paramètre 5): deux échantillons minimum pris aux extrémités du domaine.

NOTE 3 – Il y a lieu de choisir les échantillons selon les règles suivantes:

– un de la plus faible puissance assignée avec la différence en pour-cent la plus élevée entre la valeur du courant du **transformateur** et la valeur du courant du dispositif de protection approprié, s'il y a lieu;

– un de la plus forte puissance assignée avec la différence en pour-cent la plus élevée entre la valeur du courant du **transformateur** et la valeur du courant du dispositif de protection approprié, s'il y a lieu;

– un échantillon représentant la condition d'échauffement la plus défavorable des enroulements et du noyau;

– un échantillon représentant la condition d'échauffement la plus défavorable de l'**enveloppe**.

Pour être sûr que, dans tous les cas, la situation la plus défavorable est couverte, le constructeur doit déclarer le type dans la série qui a les pertes maximales dans les conditions normales; ce type doit être choisi comme l'un des échantillons à essayer.

Les conditions ci-dessus peuvent être couvertes par un minimum de deux échantillons.

Le nombre de spécimens pour chaque échantillon doit être en accord avec 5.2, excepté pour:

– l'essai de 14.3 où seulement deux échantillons de trois spécimens au total sont nécessaires pour la série, les échantillons étant les deux premiers de ceux du paramètre 5;

– l'essai de 15.5 où seulement deux échantillons de trois spécimens au total sont nécessaires pour la série, les échantillons étant les deux premiers de ceux du paramètre 5;

– l'essai de 16.4 où seulement trois spécimens au total sont nécessaires pour la série, le type le plus lourd étant choisi.

B.3 Au moins un spécimen de chaque taille de feuilletage ou de taille de noyau doit être fourni pour les distances de construction, la résistance mécanique, etc.

NOTE Les échantillons requis en B.3 incluent les échantillons requis en B.2.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe C
(normative)

Lignes de fuite (ldf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti) – Matériau groupe II (400 ≤CTI <600)

Tableau C.1 – Lignes de fuite (ldf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti) – Matériau groupe II (400 ≤CTI <600)

NOTE Le tableau ci-dessous s'étend sur plusieurs pages. Les notes et notes de bas de tableau figurent sur la dernière page du tableau. *Dimensions en millimètres*

	Type d'isolation	Mesures				Tensions locales [b] V											
		A travers l'émail des bobinages [a]		Autres qu'à travers l'émail des bobinages		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	d	ldf	d	ldf	d	ldf	d	ldf	d	ldf	d	ldf
1) Isolation entre **circuits primaires** et **circuits secondaires** (**isolation principale**)	a) **Lignes de fuite** et **distances d'isolement** entre **parties actives** des **circuits primaires** et **parties actives** des **circuits secondaires**	X		X	X	0,2 0,8 0,2 0,8	0,85 1,7 0,85 1,7	0,5 0,8 0,2 0,8	1,0 2,0 1,0 2,0	1,5 1,5 0,5 0,8	1,5 2,2 1,1 2,2	3,0 3,0 1,5 1,5	3,0 4,2 2,1 4,2	5,5 5,5 3,0 3,0	5,5 8,6 4,3 8,6	8,0 8,0 5,5 5,5	8,0 14,0 7,1 14,0
			X														
	Valeurs réduites (voir 26.2 (P1))					–	0,18	–	0,25	–	0,3	–	0,7	–	1,7	–	3,2
	b) Distance à travers l'isolation entre les **circuits primaires** ou les **circuits secondaires** et un écran métallique relié à la terre	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						Pas d'exigences pour l'épaisseur											
	c) Distances à travers l'isolation entre **circuits primaires** et **circuits secondaires**	X	X	X	X	Pas d'exigences pour l'épaisseur											
2) Isolation entre **circuits primaires** et **circuits secondaires** (**isolation double** ou **renforcée**)	a) **Lignes de fuite** et **distances d'isolement** entre **parties actives** des **circuits primaires** et **parties actives** des **circuits secondaires**	X		X	X	0,5 0,8 0,2 0,8	1,0 2,0 1,0 2,0	1,5 1,5 0,5 0,8	1,5 2,8 1,4 2,8	3,0 3,0 1,5 1,5	3,0 4,2 2,0 4,2	5,5 5,5 3,0 3,0	5,5 8,6 4,3 8,6	8,0 8,0 5,5 5,5	8,6 17,2 8,6 17,2	14,0 14,0 8,0 8,0	14,0 28,0 14,0 28,0
			X														
	Valeurs réduites (voir 26.2 (P1))					–	0,25	–	0,4	–	0,7	–	1,7	–	4,0	–	7,5
	b) Distance à travers l'isolation entre les **circuits primaires** ou les **circuits secondaires** et un écran métallique relié à la terre (voir 26.3)	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						0,1[d] [0,05][e]		0,2[d] [0,07] [e]		0,25[d] [0,08][e]		0,5[d] [0,16][e]		0,7[d] [0,19] [e]		1,0[d] [0,25][e]	
	c) Distances à travers l'isolation entre circuits d'entrée et **circuits secondaires** voir (26.3)	X	X	X	X	0,2[d] [0,1][e]		0,3[d] [0,1][e]		0,5[d] [0,15][e]		1,0[d] [0,3][e]		1,5[d] [0,4][e]		2,0[d] [0,5][e]	

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau C.1 *(suite)*

	Type d'isolation	Mesures				Tensions locales [b] V											
		A travers l'émail des bobinages [a]		Autres qu'à travers l'émail des bobinages		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf
3) Isolation **entre circuits primaires** adjacents ou entre **circuits secondaires adjacents** [c g]	**Lignes de fuite**s et **distances d'isolement**	X	X	X	X	0,2 0,8	0,85 1,7	0,2 0,8	1,0 2,0	0,2 0,8	1,1 2,2	0,5 0,8	2,1 4,2	1,5 1,5	4,3 8,6	3,0 3,0	7,1 14,0
	Valeurs réduites voir (26.2 (P1))					–	0,18	–	0,25	–	0,3	–	0,7	–	1,7	–	3,2
4) **Lignes de fuite** et **distances d'isolement** entre bornes pour les connexions des câbles et conducteurs externes à l'exclusion de celles entre vis des bornes pour **les circuits primaires** et **secondaires**	a) Jusqu'à 6 A inclus	X	X	X	X	3,0		3,6		4,0		6,0		9,0		12,5	
	b) Au-dessus de 6 A jusqu'à 16 A inclus	X	X	X	X	5,0		6,0		7,0		10,0		13,0		16,0	
	c) Au-dessus de 16 A	X	X	X	X	10,0		11,0		12,0		14,0		17,0		20,0	
5) **Isolation principale** ou **supplémentaire** [h]	Entre: a) **parties actives** de polarité différente b) **parties actives** et la **masse** si celle-ci est destinée à être connectée au conducteur de protection c) **parties conductrices accessibles** et une tige de métal de même diamètre que le câble souple (ou une feuille métallique enroulée autour du câble) introduite dans l'orifice des traversées, dispositifs d'arrêt et analogues d) **parties actives** et une **partie conductrice intermédiaire** e) une **partie conductrice intermédiaire** et la **masse**	X X	 X	X X	 X	0,2 0,8 0,2 0,8	0,9 1,7 0,9 1,7	0,5 0,8 0,2 0,8	1,0 2,0 1,0 2,0	1,5 1,5 0,5 0,8	1,5 2,2 1,1 2,2	3,0 3,0 1,5 1,5	3,0 4,2 2,1 4,2	5,5 5,5 3,0 3,0	5,5 8,6 4,3 8,6	8,0 8,0 5,5 5,5	8,0 14,0 7,1 14,0
	Valeurs réduites voir 26.2 (P1)					–	0,03	–	0, 1	–	0,24	–	0,7	–	1,7	–	3,2

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau C.1 *(suite)*

	Type d'isolation	Mesures				Tensions locales [b] V											
		A travers l'émail des bobinages [a]		Autres qu'à travers l'émail des bobinages		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf
6) **Isolation double** ou **renforcée**	Entre **masse** et **parties actives** ou si elle est exigée par la norme (à l'exclusion de l'isolation entre **circuits primaires** et **secondaires**	X	X	X	X	0,5 0,8 0,2 0,8	1,0 2,0 1,0 2,0	1,5 1,5 0,5 0,8	1,5 3,0 1,5 3,0	3,0 3,0 1,5 1,5	3,0 4,2 2,1 4,2	5,5 5,5 3,0 3,0	5,5 8,6 4,3 8,6	8,0 8,0 5,5 5,5	8,6 17,2 8,6 17,2	14,0 14,0 8,0 8,0	14,0 28,0 14,0 28,0
	Entre **masse** et **parties actives** des **circuits secondaires** s'ils sont protégés par des dispositions additionnelles contre les tensions transitoires	X	X	X	X	0,2 0,8	1,0 2,0	0,2 0,8	1,5 3,0	0,5 0,8	2,1 4,2	1,5 1,5	4,3 8,6	3,0 3,0	8,6 17,2	5,5 5,5	14,0 28,0
	Valeurs réduites (voir 26.2 (P1))					–	0,25	–	0,4	–	0,7	–	1,7	–	4,0	–	7,5
7) Distances à travers l'isolation	a) Isolation **principale**[f]	X	X	X	X	Pas d'exigences pour l'épaisseur											
						dti		dti		dti		dti		dti		dti	
	b) Isolation **supplémentaire**[f]	X	X	X	X	0,1[d] [0,05][e]		0,15[d] [0,05][e]		0,25[d] [0,08][e]		0,5[d] [0,15][e]		0,75[d] [0,20][e]		1,0[d] [0,25][e]	
	c) Isolation **renforcée** (à l'exclusion de l'isolation entre **circuits primaires et secondaire)**	X	X	X	X	0,2[d] [0,1][e]		0,3[d] [0,1][e]		0,5[d] [0,15][e]		1,0[d] [0,3][e]		1,5[d] [0,4][e]		2,0[d] [0,5][e]	

NOTE 1 Pour les matériaux du groupe IIIa, voir le Tableau 13 et pour les matériaux du groupe I, voir l'Annexe D.
NOTE 2 P1 = **pollution degré** 1 P2 = **pollution degré** 2 P3 = **pollution degré** 3.
NOTE 3 Lorsqu'un nombre est remplacé par un tiret dans l'une quelconque des colonnes du tableau, cela signifie qu'aucune valeur n'est requise.
NOTE 4 Les valeurs minimales de **distance d'isolement** de ce tableau sont applicables dans l'air jusqu'à 2000 m au-dessus du niveau de la mer.

[a] Mesures à travers l'émail des fils de bobinage si ces fils satisfont au moins au grade 1 de la CEI 60317.

[b] Les valeurs des **lignes de fuite**, **distances d'isolement** et distances à travers l'isolation peuvent être obtenues pour des valeurs intermédiaires de **tension locale** par interpolation entre les valeurs du tableau. Aucune valeur n'est requise pour les **tensions locales** inférieures à 25 V, la tension d'essai du Tableau 8a étant considérée comme suffisante.

[c] Ces valeurs ne s'appliquent pas:
– à l'intérieur de chaque enroulement ou entre groupes d'enroulements destinés à être connectés ensemble, sous réserve que les extrémités des enroulements à connecter ensemble soient au même potentiel,
– là où la tension locale ne dépasse pas 300 V et les fils de bobinage satisfont au moins au grade 1 de la CEI 60317, si seuls les enroulements sont destinés à être connectés en série ou en parallèle (par exemple tensions primaires 110/220 V).

[d] Pour l'isolation solide.

[e] Dans le cas d'une isolation constituée de feuilles fines.

[f] Lorsqu'une **double isolation** est prescrite entre les **circuits primaires** et **secondaires**, l'épaisseur totale à travers l'isolation doit être la même que celle indiquée à la case 2 c), que la mesure soit directe ou via des parties métalliques, à l'exception des fils isolés (voir 19.12).

[g] Pour l'isolation entre des **circuits TBTS** et des circuits autres que **TBTS** et **TPTP**, les valeurs de cette case doivent être remplacées par celles des cases 6 et 7 (conformément au 19.1).

[h] En cas de claquage de l'**isolation principale** ou de l'**isolation complémentaire, l'épaisseur de l'isolation** s'ajoute à la distance d'isolement.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe D
(normative)

Lignes de fuite (ldf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti)
Matériau groupe I (CTI ≥600)

Tableau D.1 – Lignes de fuite (ldf), distances d'isolement (d) et distances à travers l'isolation (dti)
Matériau groupe I (CTI ≥600)

NOTE Le tableau ci-dessous s'étend sur plusieurs pages. Les notes et notes de bas de tableau figurent sur la dernière page du tableau. *Dimensions en millimètres*

	Type d'isolation	Mesures				Tensions locales [b] V											
		A travers l'émail des bobinages[a]		Autres qu'à travers l'émail des bobinages		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	d	ldf	d	ldf	d	ldf	d	ldf	d	ldf	d	ldf
1) Isolation entre **circuits primaires** et **circuits secondaires** (**isolation principale**)	a) **Lignes de fuite** et **distances d'isolement** entre **parties actives** des **circuits primaires** et **parties actives** des **circuits secondaires**	X	X	X	X	0,2 0,8 0,2 0,8	0,6 1,5 0,6 1,5	0,5 0,8 0,2 0,8	0,7 1,8 0,7 1,8	1,5 1,5 0,5 0,8	1,5 2,0 0,8 2,0	3,0 3,0 1,5 1,5	3,0 3,9 1,5 3,9	5,5 5,5 3,0 3,0	5,5 7,7 3,0 7,7	8,0 8,0 5,5 5	8,0 12,5 5,5 12,5
	Valeurs réduites, voir 26.2 (P1)					–	0,18	–	0,25	–	0,3	–	0,7	–	1,7	–	3,2
	b) Distance à travers l'isolation entre les **circuits primaires** ou les **circuits secondaires** et un écran métallique relié à la terre	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						Pas d'exigences pour l'épaisseur											
	c) Distances à travers l'isolation entre **circuits primaires** et **circuits secondaires**	X	X	X	X	Pas d'exigences pour l'épaisseur											
2) Isolation entre **circuits primaires** et **circuits secondaires** (**isolation double** ou **renforcée**)	a) **Lignes de fuite** et **distances d'isolement** entre **parties actives** des **circuits primaires** et **parties actives** des **circuits secondaires**	X	X	X	X	0,5 0,8 0,2 0,8	0,7 1,8 0,7 1,8	1,5 1,5 0,5 0,8	1,5 2,5 1,0 2,5	3,0 3,0 1,5 1,5	3,0 3,9 1,5 3,9	5,5 5,5 3,0 3,0	5,5 7,7 3,0 7,7	8,0 8,0 5,5 5,5	8,0 16,0 6,0 16,0	14,0 14,0 8,0 8,0	14,0 25,0 10,0 25,0
	Valeurs réduites, voir 26.2 (P1)					–	0,25	–	0,4	–	0,7	–	1,7	–	4,0	–	7,5
	b) Distance à travers l'isolation entre les **circuits primaires** ou les **circuits secondaires** et un écran métallique relié à la terre voir 26.3	X	X	X	X	dti		dti		dti		dti		dti		dti	
						0,1[d] [0,05][e]		0,2[d] [0,07][e]		0,25[d] [0,08][e]		0,5[d] [0,16][e]		0,7[d] [0,19][e]		1,0[d] [0,25][e]	
	c) Distances à travers l'isolation entre circuits d'entrée et **circuits secondaires** voir 26.3	X	X	X	X	0,1 [d] [0,05] [e]		0,2 [d] [0,07] [e]		0,25 [d] [0,08] [e]		0,5 [d] [0,16] [e]		0,7 [d] [0,19] [e]		1,0 [d] [0,25] [e]	

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau D.1 *(suite)*

	Type d'isolation	Mesures				Tensions locales [b] V											
		A travers l'émail des bobinages[a]		Autres qu'à travers l'émail des bobinages		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf
3) Isolation **entre circuits primaires** adjacents ou entre **circuits secondaires adjacents**[c g]	**Lignes de fuite**s et **distances d'isolement**	X	X	X	X	0,2 0,8	0,6 1,5	0,2 0,8	0,7 1,8	0,2 0,8	0,8 2,0	0,5 0,8	1,5 3,9	1,5 1,5	3,0 7,7	3,0 3,0	5,0 12,5
	Valeurs réduites voir 26.2 (P1)					–	0,18	–	0,25	–	0,3	–	0,7	–	1,7	–	3,2
4) **Lignes de fuite** et **distances d'isolement** entre bornes pour les connexions des câbles et conducteurs externes à l'exclusion de celles entre vis des bornes pour **les circuits primaires** et **secondaires**	a) Jusqu'à 6 A inclus	X	X	X	X	3,0		3,6		4,0		6,0		9,0		12,5	
	b) Au-dessus de 6 A jusqu'à 16 A inclus	X	X	X	X	5,0		6,0		7,0		10,0		13,0		16,0	
	c) Au-dessus de 16 A	X	X	X	X	10,0		11,0		12,0		14,0		17,0		20,0	
5) **Isolation principale** ou **supplémentaire** [h]	Entre: a) **parties actives** de polarité différente			X		0,2	0,6	0,5	0,7	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5	8,0	8,0
	b) **parties actives** et la **masse** si celle-ci est destinée à être connectée au conducteur de protection				X	0,8	1,5	0,8	1,8	1,5	2,0	3,0	3,9	5,5	7,7	8,0	12,5
	c) **parties conductrices accessibles** et une tige de métal de même diamètre que le câble souple (ou une feuille métallique enroulée autour du câble) introduite dans l'orifice des traversées, dispositifs d'arrêt et analogues	X				0,2	0,6	0,2	0,7	0,5	0,8	1,5	1,5	3,0	3,0	5,5	5,5
			X			0,8	1,5	0,8	1,8	0,8	2,0	1,5	3,9	3,0	7,7	5,5	12,5
	d) **parties actives** et une **partie conductrice intermédiaire** e) une **partie conductrice intermédiaire** et la **masse**																
	Valeurs réduites voir 26.2 (P1)					–	0,03	–	0, 1	–	0,24	–	0,7	–	1,7	–	3,2

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau D.1 *(suite)*

	Type d'isolation	Mesures				Tensions locales[2)] V											
		A travers l'émail des bobinages[1)]		Autres qu'à travers l'émail des bobinages		≥25 ≤50		100		150		300		600		1 000	
		P2	P3	P2	P3	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf	d	Idf
6) **Isolation double** ou **renforcée**	Entre **masse** et **parties actives** ou si elle est exigée par la norme (à l'exclusion de l'isolation entre **circuits primaires** et **secondaires**	X	X	X	X	0,5 0,8 0,2 0,8	0,7 1,8 0,7 1,8	1,5 1,5 0,5 0,8	1,5 2,5 1,0 2,5	3,0 3,0 1,5 1,5	3,0 3,9 1,5 3,9	5,5 5,5 3,0 3,0	5,5 7,7 3,0 7,7	8,0 8,0 5,5 5,5	8,0 16,0 6,0 16,0	14,0 14,0 8,0 8,0	14,0 25,0 10,0 25,0
	Entre **masse** et **parties actives** des **circuits secondaires** s'ils sont protégés par des dispositions additionnelles contre les tensions transitoires	X	X	X	X	0,2 0,8	0,7 1,8	0,2 0,8	1,0 2,5	0,5 0,5	1,5 3,9	1,5 1,5	3,0 7,7	3,0 3,0	6,0 16,0	5,5 5,5	10,0 25,0
	Valeurs réduites, voir 26.2 (P1)					–	0,25	–	0,4	–	0,7	–	1,7	–	4,0	–	7,5
7) Distances à travers l'isolation	a) Isolation **principale**[f]	X	X	X	X	Pas d'exigences pour l'épaisseur											
	b) Isolation **supplémentaire**[f]					dti		dti		dti		dti		dti		dti	
		X	X	X	X	0,1[d] [0,05][e]		0,15[d] [0,05][e]		0,25[d] [0,08][e]		0,5[d] [0,15][e]		0,75[d] [0,20][e]		1,0[d] [0,25][e]	
	c) Isolation **renforcée** (à l'exclusion de l'isolation entre **circuits primaire et secondaire)**	X	X	X	X	0,2[d] [0,1][e]		0,3[d] [0,1][e]		0,5[d] [0,15][e]		1,0[d] [0,3][e]		1,5[d] [0,4][e]		2,0[d] [0,5][e]	

NOTE 1 Pour les matériaux du groupe IIIa, voir le Tableau 13 et pour les matériaux du groupe II, voir l'Annexe C.
NOTE 2 P1 = **pollution degré** 1 P2 = **pollution degré** 2 P3 = **pollution degré** 3
NOTE 4 Lorsqu'un nombre est remplacé par un tiret dans l'une quelconque des colonnes du tableau, cela signifie qu'aucune valeur n'est requise.
NOTE 4 Les valeurs minimales de **distance d'isolement** de ce tableau sont applicables dans l'air jusqu'à 2000 m au-dessus du niveau de la mer.

[a] Mesures à travers l'émail des fils de bobinage si ces fils satisfont au moins au grade 1 de la CEI 60317.

[b] Les valeurs des **lignes de fuite**, **distances d'isolement** et distances à travers l'isolation peuvent être obtenues pour des valeurs intermédiaires de **tension locale** par interpolation entre les valeurs du tableau. Aucune valeur n'est requise pour les **tensions locales** inférieures à 25 V, la tension d'essai du Tableau 8a étant considérée comme suffisante.

[c] Ces valeurs ne s'appliquent pas:
– à l'intérieur de chaque enroulement ou entre groupes d'enroulements destinés à être connectés ensemble, sous réserve que les extrémités des enroulements à connecter ensemble soient au même potentiel,
– là où la **tension locale** ne dépasse pas 300 V et les fils de bobinage satisfont au moins au grade 1 de la CEI 60317, si les enroulements sont destinés à être connectés en série ou en parallèle (par exemple tensions primaires 110/220 V).

[d] Pour l'isolation solide.

[e] Dans le cas d'une isolation constituée de feuilles fines

[f] Lorsqu'une **double isolation** est prescrite entre les **circuits primaires** et **secondaires**, l'épaisseur totale à travers l'isolation doit être la même que celle indiquée à la case 2 c), que la mesure soit directe ou via des parties métalliques, à l'exception des fils isolés (voir 19.12).

[g] Pour l'isolation entre des **circuits TBTS** et des circuits autres que **TBTS** et **TPTP**, les valeurs de cette case doivent être remplacées par celles des cases 6 et 7 (conformément au 19.1).

[h] En cas de claquage de l'**isolation principale** ou de l'**isolation complémentaire, l'épaisseur de l'isolation** s'ajoute à la distance d'isolement

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe E
(normative)

Essai au fil incandescent

L'essai au fil incandescent est réalisé conformément à la CEI 60695-2-10 et à la CEI 60695-2-11.

Pour les besoins de la présente norme, ce qui suit s'applique en référence aux articles et paragraphes de la CEI 60695-2-11.

E.1 Sévérités

Les exigences de l'Article 6 «Degrés de sévérité» de la CEI 60695-2-11 s'applique excepté que la température de l'extrémité du fil incandescent doit être celle du paragraphe 27.3 de cette norme.

E.2 Conditionnement

Les exigences de l'Article 8 «Conditionnement» de la CEI 60695-2-11 s'applique, mais le préconditionnement est demandé.

E.3 Mode opératoire

Les exigences de l'Article 10 «Mode opératoire» de la CEI 60695-2-11 s'applique, avec l'ajout suivant en 10.1:

«Lorsque possible, l'extrémité du fil incandescent est appliqué contre les surfaces plates et non pas sur des rainures, des entrées défonçables, des cavités ou des arêtes vives.»

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe F
(normative)

Exigences pour les interrupteurs manuels faisant partie d'un transformateur

F.1 Généralités

Les essais sur les interrupteurs soit intégrés soit incorporés dans les **transformateurs** sont réalisés selon la CEI 61058 comme précisé en F.2 ou F.3.

Les interrupteurs mécaniques qui fonctionnent manuellement doivent répondre aux exigences énoncées en F.2 ou F.3.

F.2 Interrupteurs soumis aux essais en tant que composants séparés

Les interrupteurs soumis aux essais comme des composants séparés doivent être conformes aux exigences et essais de la CEI 61058-1, modifiés comme suit:

– 7.1.6.2: les interrupteurs doivent être prévus pour une utilisation dans la situation de **degré de pollution** qui s'applique;

– 7.1.9.3: les interrupteurs doivent être de catégorie D en ce qui concerne la résistance à la chaleur et au feu.

De plus, les caractéristiques des interrupteurs décrites dans la CEI 61058-1 doivent être appropriées pour la fonction des interrupteurs dans les conditions normales de fonctionnement en ce qui concerne

a) Article 6: les caractéristiques assignées des interrupteurs;

b) la classification des interrupteurs selon
   – 7.1.1: la nature de l'alimentation,
   – 7.1.2: le type de charge à être commandé par les interrupteurs,
   – 7.1.3: la température ambiante.

Si les interrupteurs commandent le(s) socle(s) de prise de courant du **circuit secondaire**, le courant assigné et le courant de crête de décharge assignée du ou des socles de prise de courant doivent être pris en compte comme spécifié en F.3.2.

La conformité est vérifiée par examen et par des mesures selon les spécifications d'essais de la CEI 61058-1.

F.3 Interrupteurs soumis aux essais en tant que parties d'un transformateur

Les interrupteurs soumis aux essais en tant que parties d'un appareil fonctionnant dans les conditions normales doivent respecter les exigences des paragraphes F.3.1, F.3.2 et F.3.3.

F.3.1 Les interrupteurs doivent supporter sans dégradation excessive ou autres effets nuisibles les contraintes électriques, thermiques et mécaniques qui se produisent en usage normal, et doivent avoir un mécanisme conformes au paragraphe 13.3 de la CEI 61058-1 pour les interrupteurs.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

La conformité est vérifiée selon le paragraphe 13.1 de la CEI 61058-1 et par l'essai d'endurance suivant:

Les interrupteurs sont soumis à 10 000 cycles de fonctionnement avec la séquence indiquée en 17.1.2 de la CEI 61058-1, excepté l'essai de tension augmentée à vitesse accélérée spécifié en 17.2.4 de la CEI 61058-1, et dans les conditions électriques et thermiques produites par les conditions de fonctionnement normales de l'appareil.

L'essai est réalisé sur trois spécimens; aucune défaillance n'est autorisée.

F.3.2 Si les interrupteurs commandent le ou les socles de prise de courant du **circuit secondaire**, l'essai d'endurance est réalisé avec une charge additionnelle connectée au ou aux socles de prise de courant, constituant le circuit indiqué par la Figure 9 de la CEI 61058-1, la Figure 10 étant prise en compte.

Le courant assigné *I* de la charge additionnelle doit correspondre au marquage du ou des socles de prise de courant (voir point d) de 8.1). Le courant de crête de décharge de la charge additionnelle doit avoir une valeur conforme aux valeurs indiquées dans le Tableau F.1.

Tableau F.1 – Courant de crête de décharge de la charge additionnelle

Courant assigné *I* du ou des socles de prise de courant A	**Courant de crête de décharge** A
$I \leq 0,5$	20
$0,5 < I \leq 1,0$	50
$1,0 < I$	100

Si le ou les socles de prise de courant sont marqués avec le courant qui peut être tiré, cette ou ces valeurs sont choisies pour le courant assigné *I* du ou des socles de prise de courant.

Si le ou les socles de prise de courant sont marqués avec la puissance qui peut être tirée, le courant assigné *I* du ou des socles de prise de courant est calculé à partir de cette ou de ces valeurs.

Après l'essai, les interrupteurs ne doivent pas présenter de dommage au sens de la présente norme. En particulier, ils ne doivent présenter ni détériorations de leur **enveloppe**, ni réduction des **lignes de fuite** et **distances d'isolement** , ni perte des connexions électriques réalisées au moyen d'une fixation mécanique.

La conformité est vérifiée par examen et par les essais spécifiés respectivement en F.3.3 et F.3.4, dans l'ordre indiqué.

F.3.3 Les interrupteurs doivent être construits de telle façon qu'ils n'atteignent pas des températures excessives en utilisation normale. Les matériaux utilisés doivent être tels que la performance des interrupteurs ne soit pas affectée défavorablement par un fonctionnement en utilisation normale aux conditions données par l'appareil. En particulier, le matériau et le dessin des contacts et des bornes doivent être tels que le fonctionnement et la performance des interrupteurs ne soient pas affectés défavorablement par leur oxydation ou par une autre détérioration.

La conformité est vérifiée sur la position «MARCHE» dans les conditions normales de fonctionnement et selon les points d), i) et m) du paragraphe 16.2.2 de la CEI 61058-1, en prenant en compte le courant assigné I du ou des socles de prise de courant du réseau, s'il y a lieu, y compris le courant de crête de décharge, conformément à l'Article F.3.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

F.3.4 Les interrupteurs doivent avoir une rigidité diélectrique adéquate.

La conformité est vérifiée par les essais suivants:

Les interrupteurs doivent résister à un essai de rigidité diélectrique conformément à 18.3, sans avoir été préalablement soumis au traitement d'humidité, la tension d'essai étant diminuée à 75 % de la tension d'essai correspondante spécifiée dans ce paragraphe, sans devenir inférieure à 500 V efficace (700 V crête).

– *La tension d'essai est appliquée en position «MARCHE» entre les **parties actives dangereuses** et les **parties conductrices** accessibles, et, de plus, entre les pôles dans le cas d'interrupteurs multipolaires.*
– *La tension d'essai est appliquée en position «ARRÊT» au travers de chaque ouverture de contact. Pendant l'essai, les résistances et les condensateurs en parallèle sur l'ouverture d'un contact peuvent être déconnectés.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe G
(normative)

Essai de résistance aux courants de cheminement

G.1 Généralités

Les essais de résistance aux courants de cheminement sont réalisés en conformité avec la CEI 60112, comme indiqué ci-dessous.

Pour les besoins de la présente norme, les matériaux sont classés en trois groupes en fonction de la valeur de l'indice de résistance aux courants de cheminement (IRC), comme suit:

- matériau groupe I 600 < (IRC);
- matériau groupe II 400 < (IRC) < 600;
- matériau groupe IIIa 175 < (IRC) < 400;

La classification des matériaux en plusieurs groupes est déterminée par rapport à l'essai d'indice de résistance au cheminement réalisé conformément à la CEI 60112.

L'essai est réalisé sur trois spécimens séparés ou sur trois pièces prélevées par découpage sur le composant concerné, en prenant soin de vérifier avant chacun des essais que les électrodes sont propres, correctement arrondies et convenablement placées. En cas de doute, l'essai est répété, si nécessaire sur un nouveau spécimen.

Pour les besoins de la présente norme, ce qui suit s'applique en se référant aux articles et paragraphes de la CEI 60112.

G.2 Spécimen d'essai

Les exigences de l'Article 3, «Spécimen d'essai», de la CEI 60112 s'applique, à l'exception de la dernière phrase du premier alinéa, qui ne s'applique pas.

G.3 Appareillage d'essai

Les exigences de l'Article 5, «Appareillage d'essai», de la CEI 60112 s'applique, avec les exceptions suivantes:

– la note de 5.1 ne s'applique pas.
– la note 4 de 5.3 ne s'applique pas.
– la solution d'essai A décrite en 5.4 est utilisée.

G.4 Mode opératoire

Les exigences de l'Article 6 «Mode opératoire» de la CEI 60112 s'applique, mis à part que:

– pour l'essai IRC de 6.2, les notes 2 et 3 de l'Article 3 s'appliquent aussi.
– le paragraphe 6.3 ne s'applique pas.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe H
(normative)

Circuits électroniques

Pour les **transformateurs** incluant des **circuits électroniques**, les exigences suivantes s'appliquent en plus des Articles 5, 15, 26.

H.1 Notes générales sur les essais (addition à l'Article 5)

H.1.1 Tous les articles de la Partie 1, tels que modifiés dans cette annexe et dans les parties 2 pour les **transformateurs** spécifiques, s'appliquent aux **circuits électroniques**.

H.1.2 L'accumulation de contraintes résultant des essais successifs est à éviter. Il peut être nécessaire de remplacer les composants ou d'utiliser des échantillons supplémentaires.

NOTE Il y a lieu de limiter au maximum le nombre des échantillons supplémentaires en faisant une évaluation des différents circuits.

H.2 Protection contre les courts-circuits et les surcharges (addition à l'Article 15)

Additions:

H.2.1 Les **circuits électroniques** doivent être conçus et utilisés de telle façon qu'une condition de défaut ne rende pas le **transformateur** non sûr du point de vue des chocs électriques, des dangers d'incendie ou des fonctionnements dangereux.

La conformité est vérifiée par l'évaluation des conditions de défaut spécifiées en H.2.3 pour tous les circuits ou parties de circuits, à moins qu'ils satisfassent aux conditions spécifiées en H.2.2.

*Si la sécurité du **transformateur**, quelle que soit la condition de défaut, dépend du fonctionnement d'un fusible, l'essai de H.2.4 est effectué.*

*Pendant et après chaque essai, la température ne doit pas dépasser les valeurs spécifiées au Tableau 3 de 15.1 et le **transformateur** doit satisfaire aux conditions spécifiées en 15.1.*

Si un conducteur d'un circuit imprimé se met en circuit ouvert, le **transformateur** est considéré comme ayant satisfait à l'essai particulier, sous réserve que l'ensemble des six conditions suivantes soit satisfait:

– le circuit imprimé satisfait aux conditions de FV1;
– les conducteurs interrompus ne sont pas dénudés sur plus de 2 mm de chaque côté;
– l'interruption se situe dans un circuit basse puissance comme décrit en H.2.2 et de plus la tension de l'interruption ne doit pas dépasser 50 V;
– le **transformateur** satisfait aux exigences de ce paragraphe avec les conducteurs interrompus pontés;
– aucun autre conducteur ne s'est desserré sur une longueur de plus de 5 mm;
– aucun conducteur dénudé ou desserré ne réduit les **lignes de fuite** et les **distances d'isolement** entre les **parties actives dangereuses** et les **parties accessibles** en dessous des valeurs spécifiées à l'Article 26.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

NOTE 1 A moins qu'il ne soit nécessaire de remplacer les composants après chacun des essais, l'essai de rigidité diélectrique de 18.3 n'est à faire qu'après l'essai final sur le **circuit électronique**.

NOTE 2 En général, l'examen du **transformateur** et de son circuit révélera les conditions qui doivent être simulées, de sorte que les essais peuvent être limités aux cas dont on peut attendre qu'ils donnent les résultats les plus défavorables.

H.2.2 Les conditions de défaut a) à f) spécifiées en H.2.3 ne sont pas appliquées aux circuits ou parties de circuits pour lesquels les deux conditions suivantes sont satisfaites:

– le **circuit électronique** est un circuit basse puissance comme décrit ci-dessous;
– la protection contre les chocs électriques, les risques d'incendie, les dangers mécaniques ou un mauvais fonctionnement dangereux dans d'autres parties du **transformateur** ne dépend pas du fonctionnement correct du **circuit électronique**.

Un **circuit électronique** basse puissance est déterminé comme suit (un exemple est donné à la Figure H.1):

*Le **transformateur** est mis en fonctionnement à la tension assignée et une résistance variable, ajustée à sa valeur maximale, est raccordée entre le point à étudier et le pôle opposé de la source d'alimentation du **circuit électronique**.*

La résistance est alors diminuée jusqu'à ce que la puissance consommée par la résistance atteigne un maximum. Tout point très proche de la source auquel la puissance maximale délivrée à cette résistance n'excède pas 15 W après 5 s est appelé point basse puissance. La partie du circuit à partir de ce point et en s'éloignant de la source d'alimentation est considérée comme étant un circuit à basse puissance.

NOTE 1 Les mesures sont effectuées à partir d'un seul pôle de la source d'alimentation, de préférence celui qui donne le plus petit nombre de points à basse puissance.

Lors de la détermination des points à basse puissance, il est recommandé de commencer par les points les plus proches de la source d'alimentation.

NOTE 2 La puissance consommée par la résistance variable est mesurée par un wattmètre.

H.2.3 Les conditions de défaut suivantes sont considérées et, si nécessaire, appliquées l'une après l'autre. Les défauts qui en sont la conséquence sont pris en considération.

a) Mise en court-circuit des **lignes de fuite** et des **distances d'isolement** entre **parties actives** de polarité différente, si ces distances sont inférieures à celles spécifiées à l'Article 26.
b) Ouverture de circuit aux bornes de chaque composant.
c) Court-circuit des condensateurs, à moins qu'ils satisfassent à la CEI 60384-14.
d) Court-circuit entre deux bornes quelconques d'un **composant électronique** autre qu'un circuit intégré. Cette condition de défaut n'est pas appliquée entre les deux circuits d'un optocoupleur.
e) Circuit ouvert ou court-circuit à l'intérieur d'un circuit intégré. Dans ce cas, les situations dangereuses éventuelles du **transformateur** sont évaluées pour s'assurer que la sécurité du **transformateur** ne repose pas sur le fonctionnement correct d'un tel composant.

   Tous les signaux de sortie éventuels du circuit intégré sont pris en compte dans le résultat. S'il peut être prouvé qu'il est peu probable qu'un signal particulier se produise, alors le défaut correspondant n'est pas pris en considération.

   NOTE 1 Les microprocesseurs sont essayés comme des circuits intégrés.

   NOTE 2 Les composants à semi-conducteurs, tels que les thyristors et les triacs, sont soumis aux conditions de défaut b) et d).

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

f) De plus, court-circuit de chaque circuit à basse puissance en connectant le point à basse puissance au pôle de l'alimentation à partir duquel les mesures sont effectuées.

*Pour la simulation des conditions de défaut, le **transformateur** est mis en fonctionnement à toute tension d'alimentation comprise entre 0,94 fois et 1,06 fois la **tension primaire assignée**.*

Lorsque l'une quelconque des conditions de défaut est simulée, l'essai est poursuivi jusqu'à l'établissement de l'équilibre.

*Dans tous les cas, l'essai est terminé s'il se produit une interruption de l'alimentation du **transformateur**.*

*Si un **circuit électronique** fonctionnant pour permettre la conformité à l'Article 15 est incorporé au **transformateur**, l'essai correspondant est répété avec simulation d'un défaut simple comme indiqué de a) à e) ci-dessus.*

La condition de défaut e) est appliquée aux composants enfermés ou analogues si le circuit ne peut être évalué par d'autres méthodes.

Les résistances à coefficient de température positif (CTP) et les résistances à coefficient de température négatif (CTN) ne sont pas mises en court-circuit si elles sont utilisées selon les spécifications de la déclaration du constructeur.

H.2.4 Si, pour une des conditions de défaut spécifiée en H.2.3, quelle qu'elle soit, la sécurité du **transformateur** repose sur le fonctionnement d'un fusible, l'essai est répété mais en remplaçant le fusible par un ampèremètre.

En cas de doute, la résistance maximale du fusible doit être prise en compte lors de la détermination du courant.

Pour les fusibles miniatures conformes à la CEI 60127-3, ce qui suit s'applique.

Si le courant mesuré ne dépasse pas 2,1 fois le courant assigné du fusible, le circuit n'est pas considéré comme étant protégé adéquatement et l'essai est effectué avec le fusible court-circuité.

Si le courant mesuré est égal ou supérieur à 2,75 fois le courant assigné du fusible, le circuit est considéré comme étant adéquatement protégé.

Si le courant mesuré est supérieur à 2,1 fois le courant assigné du fusible, sans dépasser 2,75 fois ce courant, le fusible est court-circuité et l'essai est effectué:

– *pour les fusibles à action rapide, pendant la période correspondante, ou pendant 30 min, en choisissant la durée la plus courte;*
– *pour les fusibles retardés, pendant la période correspondante, ou pendant 2 min, en choisissant la durée la plus courte.*

NOTE La vérification pour savoir si le fusible agit comme dispositif de protection est basée sur les caractéristiques de fusion spécifiées dans la CEI 60127-3, qui donne également l'information nécessaire pour calculer la résistance maximale du fusible.

Pour les fusibles autres que ceux conformes à la CEI 60127-3, l'essai est effectué comme spécifié dans les paragraphes 15.3.2 à 15.3.5.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

H.3 Lignes de fuite, distances d'isolement et distances à travers l'isolation (addition à l'Article 26)

Additions:

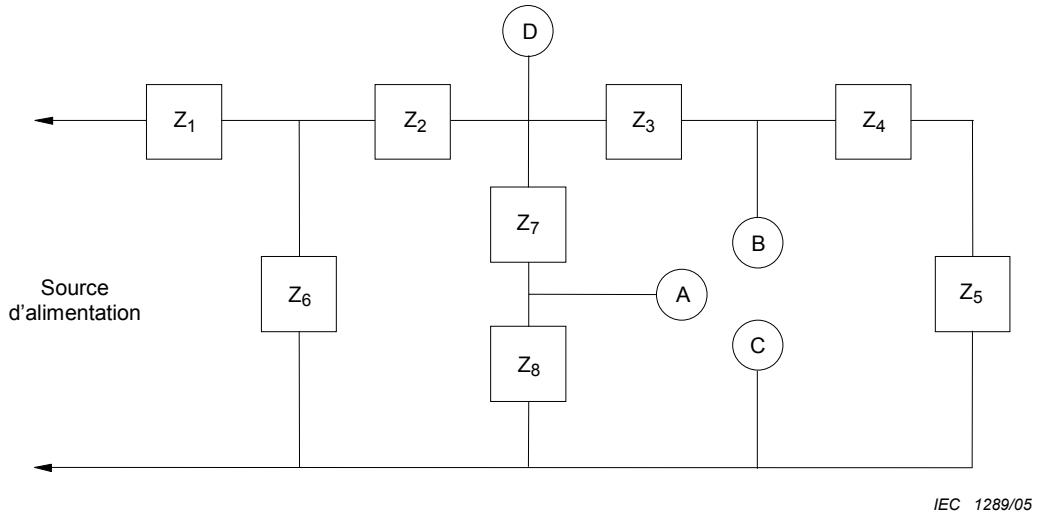
H.3.1 Pour les **parties actives** de polarités différentes séparées par une **isolation principale** seulement, des **lignes de fuite** et des **distances d'isolement** inférieures à celles spécifiées dans l'Article 26 sont permises sous réserve que les exigences de l'Article H.2 soient satisfaites lorsque ces **lignes de fuite** et ces **distances d'isolement** sont tour à tour mises en court-circuit.

Les **lignes de fuite** et les **distances d'isolement** des optocoupleurs ne sont pas mesurées si l'isolation individuelle est scellée de façon convenable et s'il n'y a pas d'air entre les couches individuelles du matériau.

Si des revêtements sont utilisés sur les cartes de circuit imprimé comme protection du micro-environnement ou pour fournir une **isolation principale**, l'Annexe W s'applique. Des distances plus petites comme prescrites dans la CEI 60664-3 Article 4 sont applicables (type 1, protection P1; type 2, distance de protection à l'isolant)

Pour les essais cycliques pour les **transformateurs** enrobés voir 26.2.

H.3.2 Pour les optocoupleurs, la procédure de conditionnement est effectuée à une température de 50 K supérieure à la température maximale mesurée à la surface de l'optocoupleur pendant les essais des Articles 14 ou 15, l'optocoupleur fonctionnant dans les conditions les plus défavorables survenant pendant ces essais.



D est le point le plus éloigné de la source d'alimentation lorsque la puissance maximale délivrée à la charge externe dépasse 15 W.

A et B sont les points les plus proches de la source d'alimentation lorsque la puissance maximale délivrée à la charge externe ne dépasse pas 15 W. Ce sont des points à basse puissance.

Les points A et B sont séparément mis en court-circuit avec C.

Les conditions de défaut a) à e) spécifiées en H.2.3 sont appliquées individuellement à Z_1, Z_2, Z_3, Z_6 et Z_7.

Figure H.1 – Exemple d'un circuit électronique avec des points à basse puissance
(voir H.2.2)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

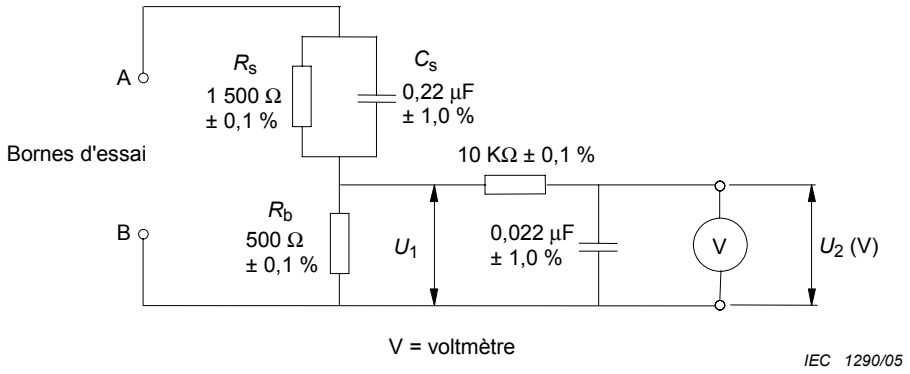
Annexe I
(vide)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe J
(normative)

Circuit de mesure pour les courants de contact

(Extrait de la CEI 60990, Figure 4)



Lecture de la valeur efficace vraie
Incertitude: ≤2 %
Résistance d'entrée: 0,1 MΩ
Capacité d'entrée: ≤200 pF
Domaine de fréquence de l'alimentation: 15 Hz à 1 MHz

Figure J.1 – Réseau de mesure pour courant de contact

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe K
(normative)

Fils de bobinage isolés pour utilisation comme isolation multicouche

La présente annexe donne des exigences pour les fils de bobinage isolés avec des films polyimides ou des isolations équivalentes, qui peuvent être utilisés pour fournir une **isolation principale**, **supplémentaire** ou **renforcée** dans les parties bobinées sans interposition supplémentaire d'isolation.

NOTE Les valeurs typiques de quelques propriétés des polyimides sont données ci-dessous pour information. La conformité à ces valeurs ne fait pas partie de cette norme.

– Rigidité diélectrique 180 kV/mm
– Constante diélectrique 3,5
– Facteur de dissipation 0,003 à 1 kHz
– Résistance d'isolement 10^5 MΩ
– Résistivité surfacique 10^{16} Ω à 50 % d'humidité relative
– Endurance au pliage 10^4 cycles.

K.1 Construction des fils

Les fils de bobinage doivent comporter deux couches d'isolant ou plus. En cas de couches de bandes enroulées en spirale, des couches enroulées dans des sens opposés doivent être utilisées. Le recouvrement de ces couches doit être convenable pour assurer un recouvrement continu de la partie bobinée pendant la fabrication.

De telles couches de bandes doivent être scellées pour supprimer les chemins de fuite entre les couches.

K.2 Essai de conformité

Le fil doit satisfaire aux cinq essais de type faisant l'objet des paragraphes K.2.1 à K.2.5 suivants.

K.2.1 Essai de rigidité diélectrique

L'essai 13 de la CEI 60851-5, appliqué pendant la même durée qu'en 18.3, avec une tension d'essai non inférieure à la tension appropriée du Tableau 8a de la présente norme, ou 3 kV dans le cas de deux couches et 5,5 kV dans le cas de trois couches, en choisissant, dans chaque cas, la plus grande valeur.

K.2.2 Adhérence et élasticité

L'essai 8 de 5.1 de la CEI 60851-3, suivi de l'essai de rigidité diélectrique K.2.1 est appliqué à la température ambiante assignée.

K.2.3 Choc thermique

L'essai 9 de 3.1.1 et 3.2 de la CEI 60851-6, suivi de l'essai de rigidité diélectrique K.2.1 est appliqué.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

K.2.4 Tenue à l'essai de rigidité diélectrique après cintrage

L'essai 13 de 4.1 à 4.5 de la CEI 60851-5, suivi de l'essai de rigidité diélectrique décrit en K.2.1, est appliqué.

K.2.5 Résistance à l'abrasion

L'essai 11 de la CEI 60851-3 est applicable.

K.3 Essais individuels (essais de routine)

Les fils doivent être soumis par le fabricant de fil à un essai de rigidité diélectrique à 100 % conformément à la CEI 60851-5, la tension d'essai n'étant pas inférieure à la tension appropriée du Tableau 8a de la présente norme ou à 3 kV dans le cas de deux couches et à 5,5 kV dans le cas de trois couches, en choisissant, dans chaque cas, la plus grande valeur.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe L
(normative)

Essais individuels en cours de fabrication (essais de routine)

Les essais spécifiés dans cette annexe sont destinés à déceler, en ce qui concerne la sécurité, des variations inacceptables dans la qualité des matériaux ou de la fabrication. Ces essais sont prévus pour ne pas porter atteinte aux caractéristiques et à la fiabilité des **transformateurs** et doivent être effectués par le constructeur sur chaque **transformateur** après fabrication. L'inspection a pour but de vérifier que l'essai suivant est effectué sur 100 % des produits par le système de production du fabricant.

Il convient d'effectuer ces essais à la température de la chaîne de production.

D'autres essais, en fonction de l'expérience acquise par le constructeur, peuvent être nécessaires pour s'assurer de la conformité de chaque **transformateur** avec les spécimens ayant satisfait aux essais de la présente norme.

Les essais individuels doivent en principe être effectués à la fin de la production. Cependant, ils peuvent être effectués avant pourvu que l'on puisse démontrer que la procédure présente le même degré de sécurité.

L.1 Continuité des liaisons à la terre

Pour les **transformateurs de classe I**, on fait passer un courant d'au moins 10 A, en provenance d'une source dont la tension à vide ne dépasse pas 12 V, entre la borne de terre et, tour à tour, chacune des **parties conductrices accessibles** qui doivent être mises à la terre pour des raisons de sécurité.

Pendant l'essai, il ne doit y avoir ni coupure des connexions ni affaiblissement important du courant entre la borne de terre et les **parties conductrices accessibles** concernées.

L.2 Vérification de la tension secondaire à vide

La **tension secondaire à vide** doit être conforme à la valeur déclarée et à la tolérance établie par le fabricant et ne doit pas dépasser la **tension secondaire à vide** maximale requise par la partie 2 correspondante.

L.3 Essai de rigidité diélectrique

L'essai est effectué comme indiqué au Tableau 8a de 18.3 mais à la température ambiante et sans l'essai préalable à l'humidité de 17.2

La tension d'essai spécifiée est appliquée pendant 1 s.

Les essais sont effectués entre:

a) les **parties actives** des **circuits primaires** et les **parties conductrices** accessibles du **transformateur**;

b) les **circuits primaires** et les **circuits secondaires**.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Aucun contournement ou perforation ne doit apparaître pendant l'essai.

Des essais supplémentaires peuvent être nécessaires pour les **transformateurs** à haut niveau d'isolement et les **transformateurs d'isolement** à **enroulements séparés** ayant une **tension locale** supérieure à 1 000 V.

L.4 Vérification du montage des dispositifs de protection

S'il existe un dispositif de protection, le fonctionnement de ce dernier ne doit pas être empêché par un montage incorrect du dispositif sur le **transformateur**.

La conformité est vérifiée par examen.

L.5 Inspection visuelle

L'inspection visuelle doit garantir que tous les marquages correspondants requis sont fournis.

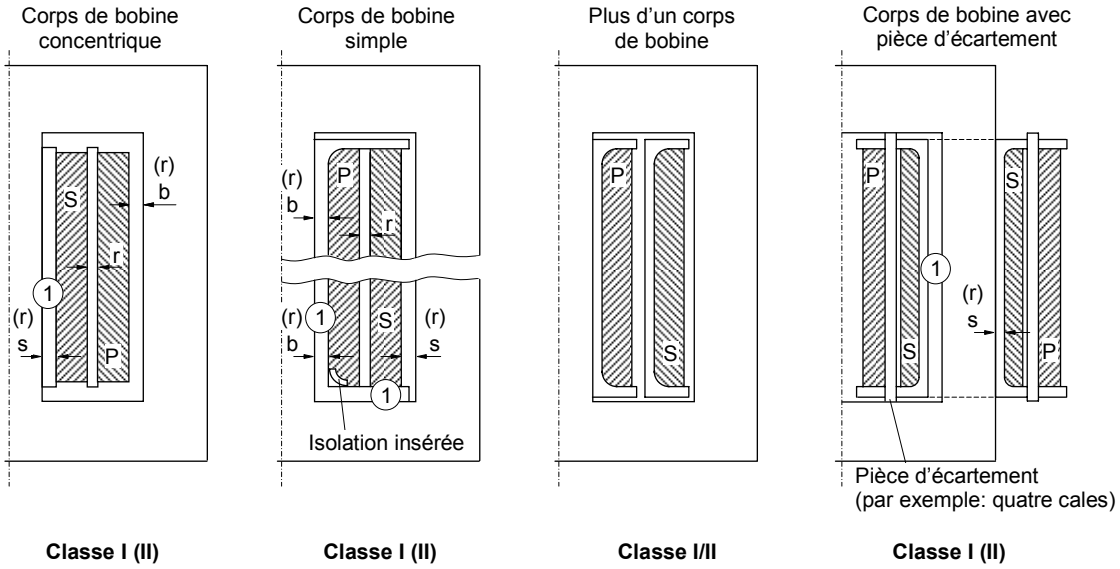
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe M
(informative)

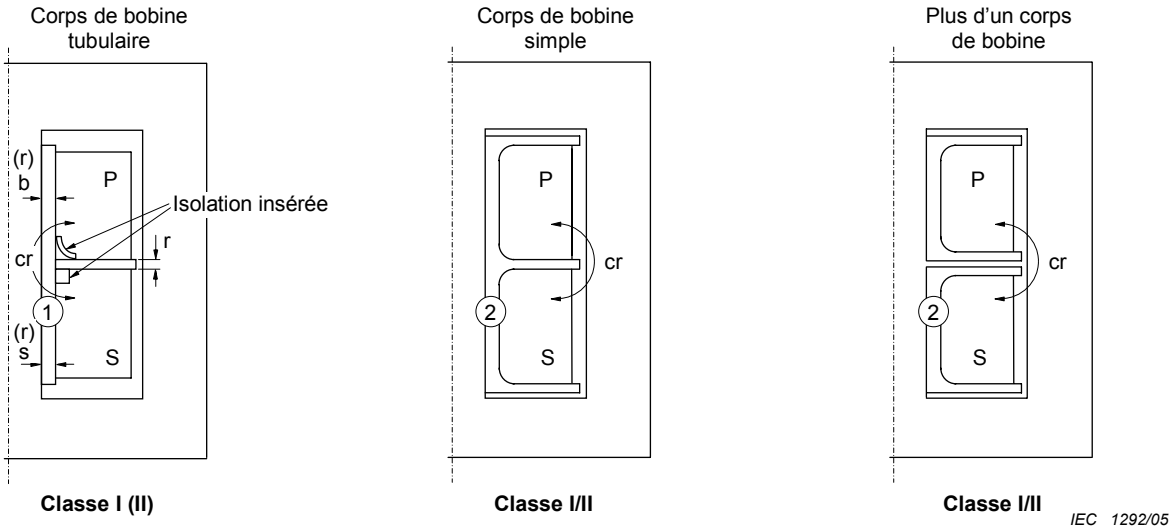
Exemples destinés à être utilisés comme guide pour 19.1

M.1 Corps de bobine

M.1.1 Type concentrique



M.1.2 Type cloisonné



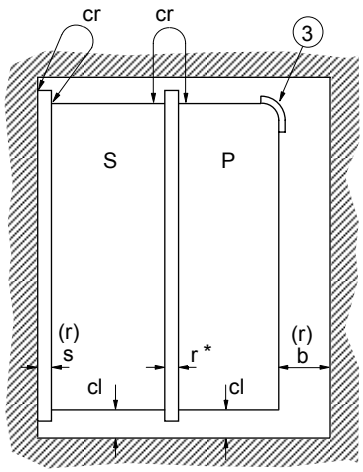
1 Corps cylindrique d'épaisseur spécifiée pour l'**isolation supplémentaire** ou au moins trois couches de ruban (voir Article 26)

2 Fait partie de l'épaisseur spécifiée pour l'**isolation supplémentaire** de l'Article 26

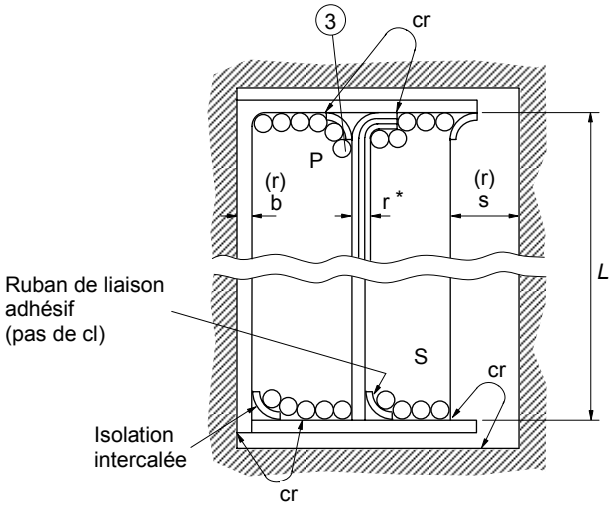
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

M.2 Enroulements

M.2.1 Sans écran



Classe I (II)



Classe I (II)

IEC 1293/05

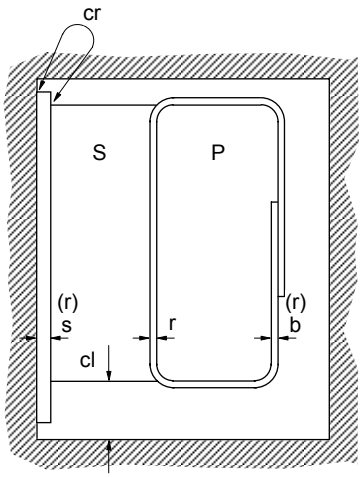
M.2.1 a)

r*: Elément d'épaisseur spécifiée ou au moins trois couches de ruban

r**:

3 Dernier tour de l'enroulement maintenu en position

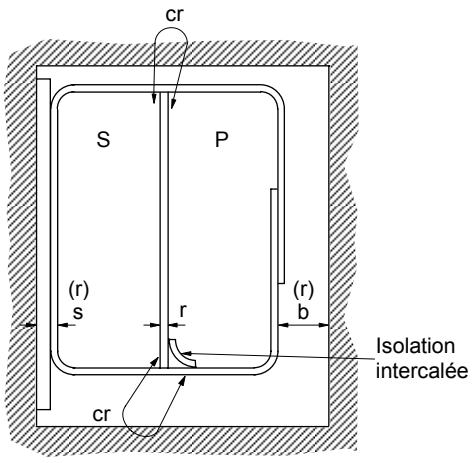
Par exemple ruban de liaison adhésif ou élément de liaison



Primaire ou secondaire enveloppé
de matière isolante

Classe I (II)

M.2.1 c)



Primaire et secondaire enveloppés
de matière isolante (pas de cr)

Classe I (II)

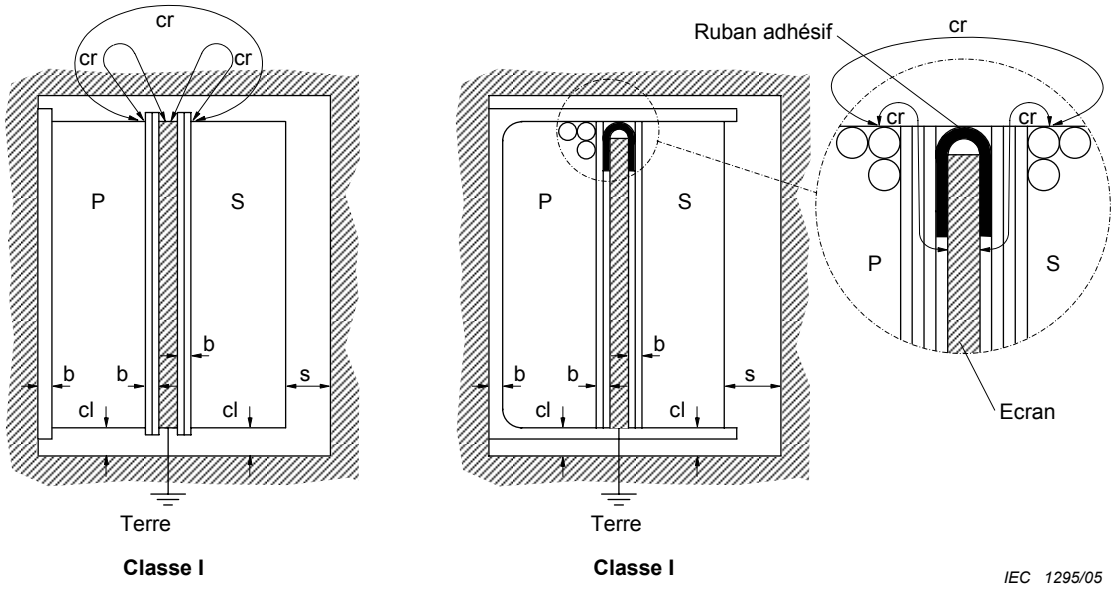
IEC 1294/05

M.2.1 d)

NOTE Pour construction de classe II, les abréviations sont données entre parenthèse.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

M.2.2 Avec écran



Pour construction de classe I

cr = **ligne de fuite**

cl = **distances d'isolement**

b = **isolation fondamentale**

s = **isolation supplémentaire**

r = **isolation renforcée ou isolation double**

P = primaire ou premier enroulement

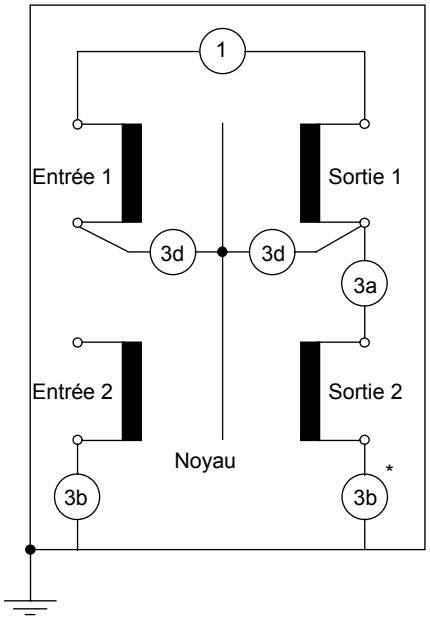
S = secondaire ou second enroulement

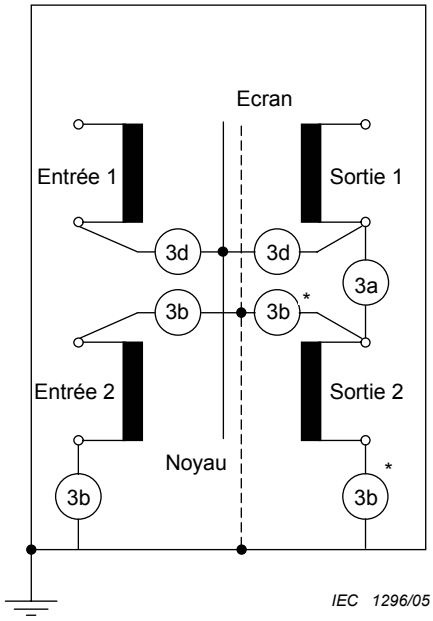
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe N
(informative)

Exemples de points d'application de tensions d'essai

NOTE Les chiffres entourés d'un cercle se réfèrent à certains points du Tableau 8a. D'autres modes de construction ou des dispositions différentes peuvent être utilisés.





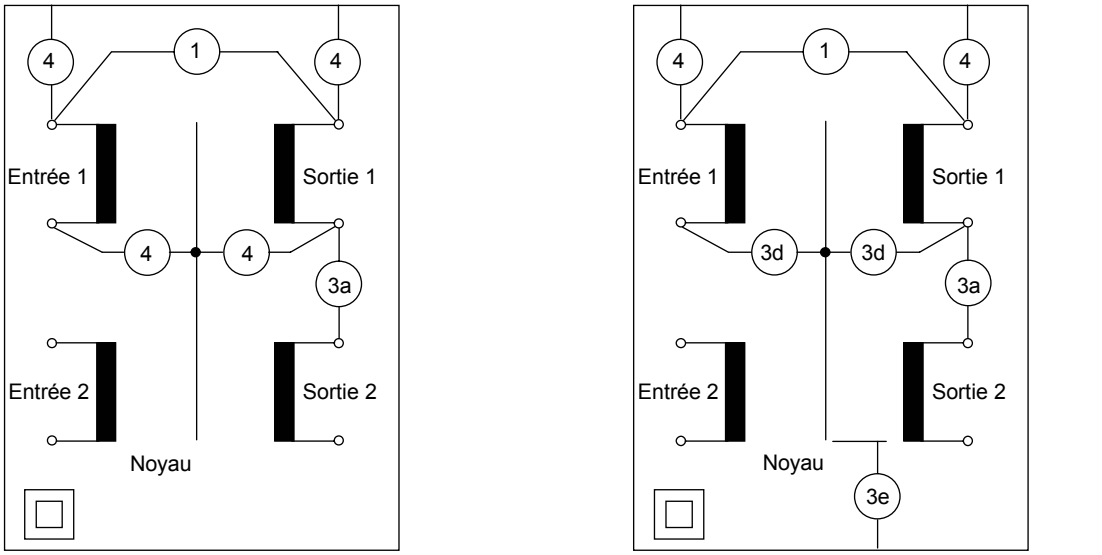
Exemple 1

Transformateur de **classe I**

Example 1

Transformer of **class I** construction

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



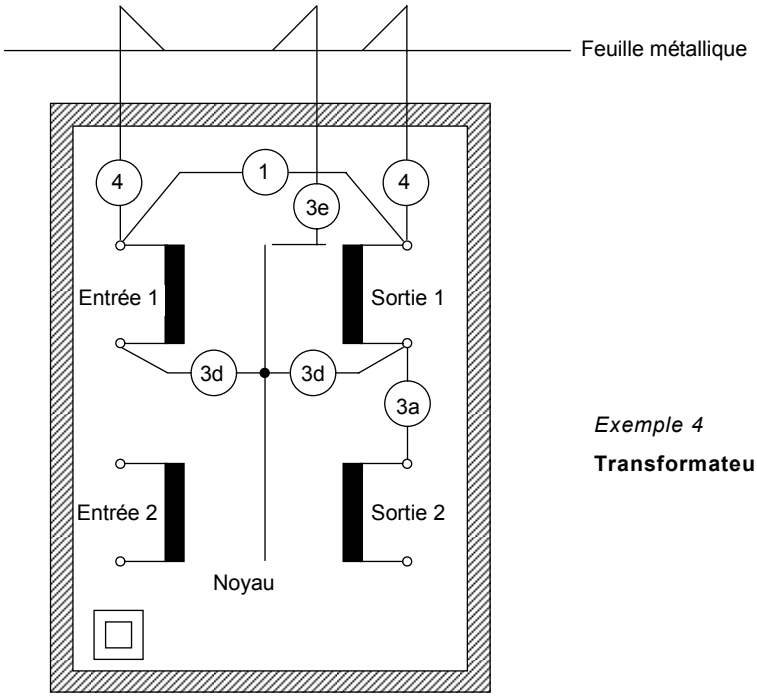
IEC 1297/05

Exemple 3

a) Noyau relié à la **masse**

Core connected to the **body**

Transformateur de **classe II** avec **enveloppe** métallique



Exemple 4

Transformateur de classe II avec enveloppe isolante

IEC 1298/05

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

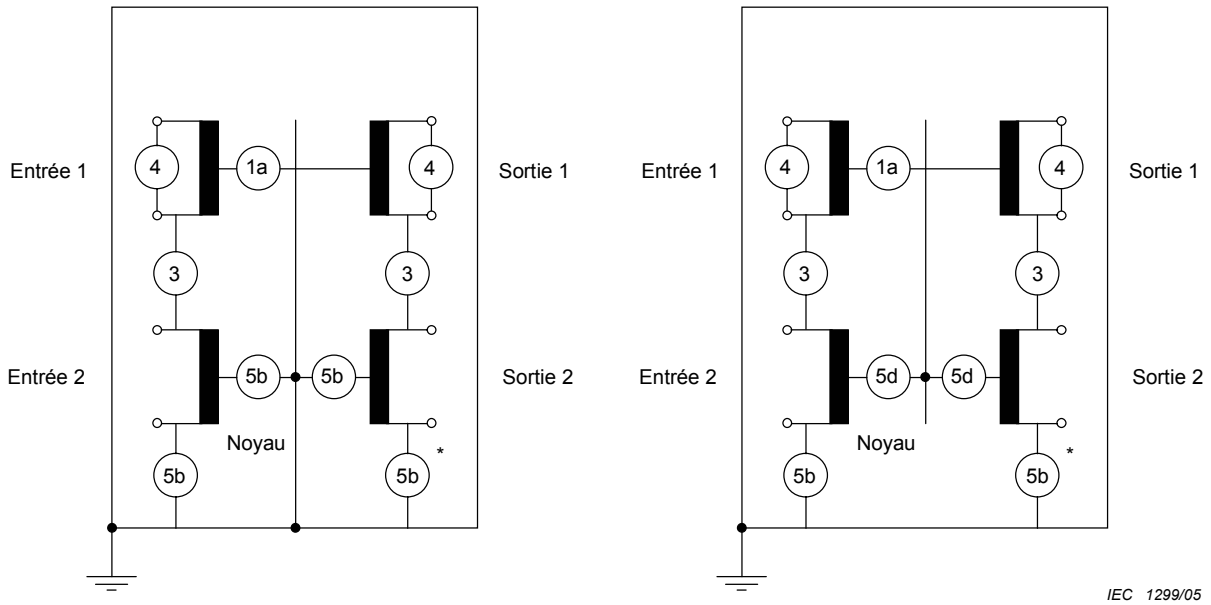
Annexe O
(vide)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe P
(informative)

Exemples de points de mesure des lignes de fuite et des distances d'isolement

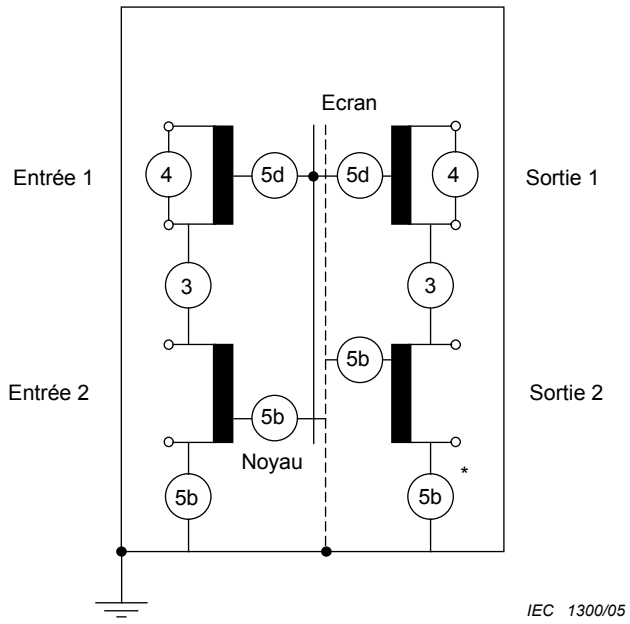
NOTE Les chiffres entourés d'un cercle se réfèrent à certains points des Tableaux 13, C.1 et D.1. D'autres modes de construction ou des dispositions différentes peuvent être utilisés.



Exemple 1 – Transformateur de classe I

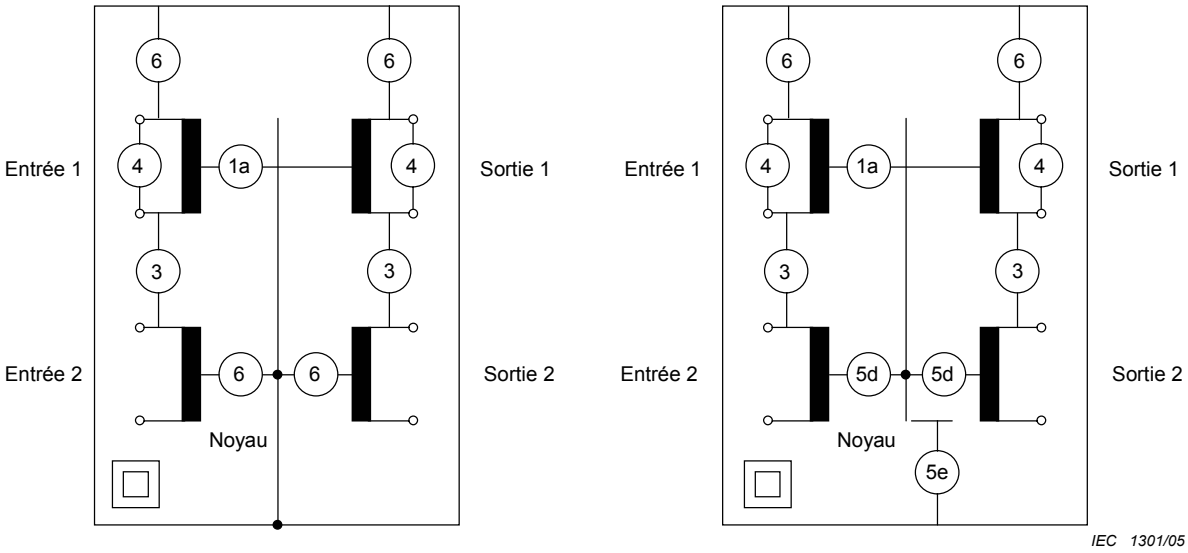
a) Noyau relié à la **masse**

b) Noyau non relié à la **masse**



Exemple 2 – Transformateur de classe I avec écran métallique mis à la terre

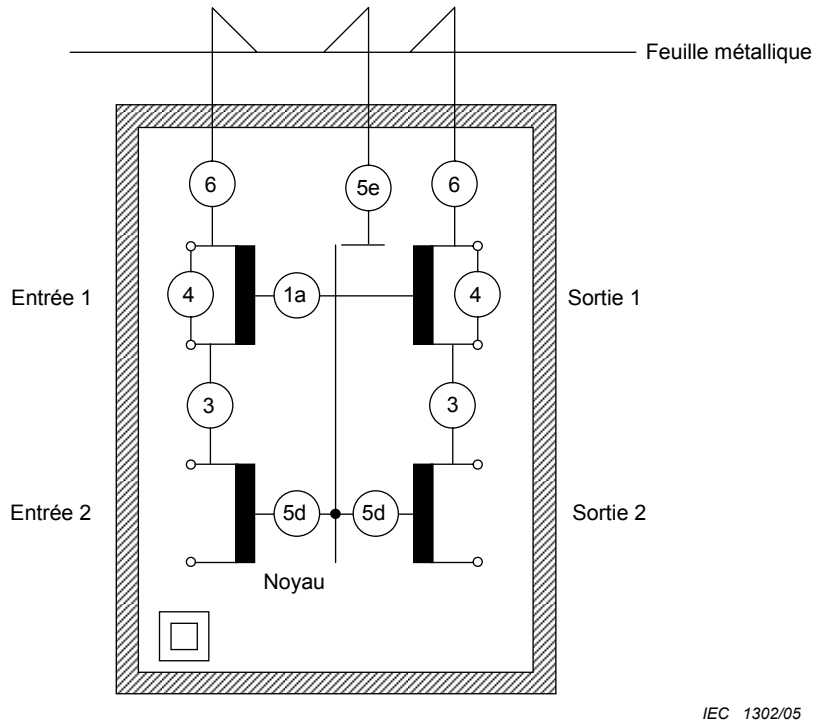
LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Exemple 3 – Transformateur de classe II avec enveloppe métallique

a) Noyau relié à la **masse**

b) Noyau non relié à la **masse**



Exemple 4 – Transformateur de classe II avec enveloppe isolante

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe Q
(informative)

Explication des chiffres IP pour les degrés de protection

Pour les détails complets voir la CEI 60529 dont ce qui suit est extrait.

Q.1 Le type de protection couvert par ce système de classification est le suivant:

a) protection des personnes contre les contacts avec ou à l'approche des **parties actives** et contre les contacts avec des parties en mouvement (autres que des axes lisses en rotation ou similaires) placées à l'intérieur des **enveloppes**;

b) protection des équipements contre la pénétration nuisible des corps solides étrangers.

Q.2 Protection des équipements à l'intérieur des **enveloppes** contre la pénétration nuisible de l'eau.

La désignation du degré de protection est constituée des lettres caractéristiques IP suivies de deux nombres (les «chiffres caractéristiques») indiquant la conformité aux conditions décrites dans les Tableaux Q.1 et Q.2. Le premier chiffre indique le degré de protection décrit en a) ci-dessus et le second chiffre le degré de protection décrit en b) ci-dessus.

Tableau Q.1 – Degré de protection indiqué par le premier chiffre caractéristique

Premier chiffre caractéristique	Degré de protection	
	Brève description	**Brefs détails des objets qui ne pourront «pénétrer»dans l'enveloppe**
0	Non protégé	Pas de protection particulière
1	Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm	Une grande surface du corps telle que la main (mais pas de protection contre un accès délibéré). Les objets solides dont le diamètre dépasse 50 mm
2	Protégé contre les corps solides supérieurs à 12,5 mm	Doigts ou objets similaires ne dépassant pas 80 mm de longueur. Les objets solides dont le diamètre dépasse 12,5 mm
3	Protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm	**Outils**, fils, etc., de diamètre ou d'épaisseur supérieur à 2,5 mm. Les objets solides dont le diamètre dépasse 2,5 mm
4	Protégé contre les corps solides supérieurs à 1,0 mm	Fils ou feuillards d'épaisseur supérieure à 1,0 mm. Les objets solides dont le diamètre dépasse 1,0 mm
5	Protégé contre les poussières	La pénétration n'est pas totalement empêchée mais les poussières n'entrent pas en quantités suffisantes pour nuire au bon fonctionnement du matériel
6	Etanche à la poussière	Pas de pénétration de poussière

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau Q.2 – Degré de protection indiqué par le deuxième chiffre caractéristique

Deuxième chiffre caractéristique	Degré de protection	
	Brève description	**Détails du type de protection procuré par l'enveloppe**
0	Non protégé	Pas de protection particulière
1	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau	Les gouttes d'eau (tombant verticalement) ne doivent pas avoir d'effet nuisible
2	Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau avec une **enveloppe** inclinée au maximum de 15°	Les gouttes d'eau tombant verticalement ne doivent pas avoir d'effet nuisible quand l'**enveloppe** est inclinée jusqu'à 15° à partir de sa position normale
3	Protégé contre l'eau en pluie	L'eau tombant en pluie fine jusqu'à un angle de 60° par rapport à la verticale ne doit pas avoir d'effet nuisible
4	Protégé contre les projections d'eau	L'eau projetée de toutes les directions sur l'**enveloppe** ne doit pas avoir d'effet nuisible
5	Protégé contre les jets d'eau	L'eau projetée en jets de toutes les directions sur l'**enveloppe** ne doit pas avoir d'effet nuisible
6	Protégé contre les jets d'eau puissants	L'eau projetée en jets puissants de toutes les directions sur l'**enveloppe** ne doit pas avoir d'effet nuisible
7	Protégé contre les effets nuisibles d'une immersion temporaire dans l'eau	La pénétration de l'eau en quantité ayant des effets nuisibles ne doit pas être possible lorsque l'**enveloppe** est temporairement immergée dans l'eau dans des conditions définies de pression et de temps
8	Protégé contre les effets nuisibles d'une immersion prolongée dans l'eau	Le matériel convient pour une immersion prolongée dans l'eau dans des conditions qui doivent être spécifiées par le constructeur [a]

[a] Normalement cela implique que le matériel est scellé hermétiquement. Toutefois, dans certains types de matériels cela peut signifier que l'eau peut entrer mais seulement de telle façon qu'elle ne produise aucun effet nuisible.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe R
(informative)

Explications sur la façon d'appliquer 4.1.1.2.1 de la CEI 60664-1

R.1 Essai diélectrique aux impulsions de tension:

– forme d'onde: 1,2 / 50 µs
– trois impulsions de chaque polarité
– intervalle entre impulsions d'au moins 1 s
– tension d'impulsion conforme au Tableau 5 de la CEI 60664-1
– tension d'impulsion assignée conforme à la **tension locale** et à la catégorie de surtension du Tableau 1 de la CEI 60664-1
– pour l'**isolation double** ou **renforcée**, la valeur suivante la plus élevée conforme à 2.1.1.2 de la CEI 60664-1 doit être utilisée (voir 3.1.5 de la CEI 60664-1). Avec cette valeur, l'impulsion de tension applicable peut être trouvée dans le Tableau 5 de la CEI 60664-1. Exemple:

Tension locale: 300 V (efficace) cat. III
⇒ conformément au Tableau 1: 4 000 V (impulsion de tension assignée)
⇒ **isolation double** ⇒ 6 000 V (valeur suivante la plus élevée conforme à l'impulsion de tension de 2.1.1.2)
⇒ conformément au Tableau 5 (6 000 V) = 7,3 kV (impulsion de tension d'essai)

Tableau R.1- impulsion de tension d'essai conforme à 4.1.1.2.1 de la CEI 60664-1

	Catégorie de surtension III		Catégorie de surtension II	
Tension locale V courant alternatif	Isolation double ou renforcée V courant alternatif	Isolation principale V courant alternatif	Isolation double ou renforcée V courant alternatif	Isolation principale V courant alternatif
50	1 750	910	910	550
100	2 950	1 750	1 750	910
150	4 800	2 950	2 950	1 750
300	7 300	4 800	4 800	2 950
600	9 800	7 300	7 300	4 800
1 000	14 800	9 800	9 800	7 300

Pour les valeurs de **tension locale** intermédiaires, les valeurs de tension d'essai sont trouvées par interpolation entre les valeurs du tableau.

Exemple:

230 V courant alternatif	6 130 V	3 940 V	3 940 V	2 390 V

NOTE Les définitions des catégories de surtension sont dans 2.2.2.1 de la CEI 60664-1.

Les **transformateurs** à usage général sont en catégorie de surtension III.

Les **transformateurs** à usage domestique sont en catégorie de surtension II.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe S
(vide)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe T

(vide)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe U
(informative)

Option t_w – marquage des transformateurs

Pour les **transformateurs** avec un marquage t_w, les exigences supplémentaires suivantes s'appliquent.

L'essai $\boldsymbol{t_w}$, basé sur des données empiriques, n'est applicable qu'aux **transformateurs** de **puissance assignée** ne dépassant pas 1 000 VA. De même, la température $\boldsymbol{t_w}$ maximale est limitée à 140 °C.

Pour la vérification de la température de fonctionnement maximale assignée $\boldsymbol{t_w}$, la présente norme spécifie une durée d'essai d'endurance normalisée de 30 jours. D'autres normes traitant du marquage $\boldsymbol{t_w}$ peuvent spécifier des durées d'essai différentes.

La présente norme autorise l'usage de constantes S autres que 4 500 dans les essais $\boldsymbol{t_w}$. Si aucune revendication contraire n'est faite, l'essai d'endurance des **transformateurs** sera basé sur la constante S de valeur 4 500 donnée en U.5.2. Un fabricant peut revendiquer l'usage d'autres valeurs si cela peut se justifier par l'un des essais spécifiés.

Les enroulements des **transformateurs** marqués $\boldsymbol{t_w}$ doivent avoir une endurance thermique adéquate.

La conformité est vérifiée en appliquant les changements indiqués dans les différents articles et paragraphes spécifiés et en effectuant les essais décrits ci-dessous.

U.1 Notes générales sur les essais (addition à l'Article 5)

Insérer les troisième et quatrième alinéas suivants au paragraphe 5.2:

*Pour les **transformateurs** marqués $\boldsymbol{t_w}$, l'essai de type est effectué sur un échantillon de huit **transformateurs**. Sept **transformateurs** pour l'essai d'endurance et un pour tous les autres essais. Pour les conditions d'essai de conformité, voir 14.4.*

*Les essais sont effectués dans les conditions spécifiées à l'Article U.5. En général, tous les essais sont effectués pour chaque type de **transformateur** ou, quand une gamme de **transformateurs** semblables est impliquée, pour chaque **puissance assignée** de la gamme ou sur une sélection représentative de la gamme en accord avec le fabricant. Quand des **transformateurs** de même construction mais de caractéristiques différentes sont soumis ensemble pour approbation, ou quand les rapports d'essai du fabricant ou d'autres autorités sont acceptés par les stations d'essai, il est autorisé de réduire le nombre d'échantillons pour l'essai d'endurance conformément au 14.4, y compris l'usage d'une constante S différente de 4 500, conforme au U.5.2, ou même d'omettre ces essais.*

Amender le cinquième alinéa de 5.2 de la façon suivante: "… en 14.3 et 14.4.

U.2 Echauffement (addition à l'Article 14)

*Remplacer le titre par «**Echauffement et endurance**».*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Ajouter ce qui suit à la fin de la première phrase du paragraphe 14.1.

« … et les enroulements doivent présenter une endurance thermique adéquate. »

Modifier le second alinéa du paragraphe 14.1 de la façon suivante:

"La conformité est vérifiée par l'essai 14.2 quand la température du Tableau 1 ne doit pas être dépassée. Quand cela est applicable, l'endurance thermique des enroulements est vérifiée par les essais des paragraphes 14.3 et 14.4. De plus, les conditions suivantes s'appliquent aux enroulements des ***transformateurs*** *non marqués* $\boldsymbol{t_w}$*. Les matériaux d'enroulement conformes aux spécifications de 14.4 sont considérés comme matériaux classifiés."*

Amender le paragraphe 14.1 en rajoutant la phrase suivante à la fin du neuvième alinéa:

Pour déterminer la température moyenne d'un enroulement marqué $\boldsymbol{t_w}$ *, la tension d'essai ne doit pas être augmentée.*

Insérer la première ligne suivante au Tableau 1:

Parties	Température en °C
- avec marquage t_w	t_w

Insérer le nouveau paragraphe 14.4 suivant:

14.4 Endurance thermique

Les enroulements des **transformateurs** marqués $\boldsymbol{t_w}$ doivent avoir une endurance thermique adéquate.

La conformité est vérifiée par l'essai suivant.

Les enroulements de ***transformateurs*** *sont soumis à l'essai d'endurance thermique décrit en U.5. L'essai est effectué sur sept nouveaux* ***transformateurs*** *ayant été soumis aux mesures conformément au 11.1 et ne devant pas être utilisés pour d'autres essais.*

Cet essai peut également s'appliquer aux ***transformateurs*** *faisant partie intégrante d'un appareil et qui ne peuvent être soumis à l'essai séparément, et ainsi permettre d'assigner une valeur* $\boldsymbol{t_w}$ *à de tels* ***transformateurs*** *intégrés.*

Les conditions thermiques doivent être ajustées de façon à ce que la durée objective de l'essai soit telle qu'indiquée par le fabricant. Si aucune indication n'est donnée, la durée de l'essai doit être de 30 jours.

Après l'essai, quand la température des ***transformateurs*** *est revenue à la température ambiante, les* ***transformateurs*** *doivent satisfaire aux exigences suivantes:*

a) La tension secondaire par rapport à la valeur mesurée avant l'essai ne doit pas varier en dehors du pourcentage donné en 11.1 pour le type de ***transformateur*** *correspondant.*

NOTE Cet essai a pour but de déterminer toute variation défavorable du réglage du **transformateur**.

b) La résistance d'isolement entre les ***enroulements primaires*** *et* ***secondaires*** *des* ***transformateurs de sécurité****,* ***transformateurs de séparation des circuits*** *et* ***transformateurs à enroulements séparés****, la résistance d'isolement entre enroulement(s) pour tous les types de* ***transformateurs*** *ainsi que la résistance d'isolement entre l'****enveloppe*** *et la masse du* ***transformateur*** *mesurée à 500 V en courant continu ne doit pas être inférieure à 1 MΩ.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

*c) Le **transformateur** doit supporter l'essai de rigidité diélectrique; la tension d'essai valant 35 % des valeurs spécifiées dans le Tableau 8a de l'Article 18. La tension d'essai est appliquée comme spécifié dans le point b) ci-dessus.*

Le résultat de l'essai est considéré comme satisfaisant si au moins six ou sept **transformateurs** satisfont à ces exigences. Cet essai est considéré comme un échec si plus de deux **transformateurs** ne satisfont pas l'essai.

Dans le cas où il y a deux échecs, l'essai est répété avec sept **transformateurs** supplémentaires et aucun de ces **transformateurs** ne doit échouer.

U.3 Protection contre la surcharge et le court-circuit

Rajouter la nouvelle colonne suivante à droite du Tableau 3:

Classification de l'isolement		t_w
Ne pas modifier le texte actuel		Voir le Tableau T1

Insérer le nouveau Tableau U.1 suivant:

Tableau U.1 – Exemple de températures maximales d'enroulements en conditions de surcharge ou de court-circuit et à 110 % de la tension assignée pour les transformateurs soumis à une durée d'essai d'endurance de 30 jours avec une espérance de vie de 10 ans

Constante *S*	Température maximale en °C					
	S4.5	**S5**	**S6**	**S8**	**S11**	**S16**
Pour t_w = 90	171	161	147	131	119	110
95	178	168	154	138	125	115
100	186	176	161	144	131	121
105	194	183	168	150	137	126
110	201	190	175	156	143	132
115	209	198	181	163	149	137
120	217	205	188	169	154	143
125	224	212	195	175	160	149
130	232	220	202	182	166	154
135	240	227	209	188	172	160
140	248	235	216	195	178	166

Sauf spécification contraire sur le **transformateur**, les limites de températures spécifiées en colonne S4.5 s'appliquent.

Les températures maximales pour une espérance de vie de 5 ans sont à déduire par calcul en utilisant l'équation (U.2) en U.5.1.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

U.4 Essais d'une série de transformateurs (modification de l'Annexe B)

Changer l'Annexe B comme suit:

Article B.1

Remplacer la première ligne du point c) par ce qui suit:

c) Ils sont conçus pour la même températures ambiante minimale et maximale et, le cas échéant, pour le même marquage t_w.

Article B.2

Insérer le nouveau point d) suivant:

d) pour les **transformateurs** marqués t_w, les paramètres ci-dessus s'appliquent en plus du fait que les échantillons utilisés pour l'essai d'endurance thermique doivent être du type de la série ayant la densité de courant la plus élevée (c'est-à-dire la plus forte intensité par mm^2 de zone conductrice en cuivre).

U.5 Exigences générales et informations sur les essais d'endurance thermique sur les enroulements

U.5.1 Essai d'endurance thermique

L'essai est effectué dans un four approprié.

*Le **transformateur** doit fonctionner électriquement comme en usage normal et, dans le cas de condensateurs, de composant et auxiliaires qui ne devraient pas être soumis à l'essai, ces derniers doivent être déconnectés et reconnectés en dehors du four. Les autres composants qui n'ont pas d'influence sur les conditions de fonctionnement des enroulements peuvent être enlevés.*

*Les **transformateurs** munis d'un dispositif de protection doivent satisfaire à l'essai d'endurance thermique sur les enroulements, le protecteur étant court-circuité.*

NOTE 1 Dans les cas, par exemple, des essais de type, où il est nécessaire de court-circuiter les protecteurs et donc de déconnecter les condensateurs, composants ou autres auxiliaires qui ne devraient pas être soumis à l'essai, il est recommandé que le fabricant fournisse des **transformateurs** spécialement conçus à cet effet avec les parties concernées court-circuitées ou enlevées et quand cela est applicable, que toute connexion supplémentaire nécessaire soit sortie du **transformateur**.

*En général, pour obtenir des conditions de fonctionnement normal, le **transformateur** est soumis à l'essai avec la **puissance assignée**.*

*L'**enveloppe** du **transformateur**, si elle est métallique, est reliée à la terre. Les charges sont toujours conservées à l'extérieur du four.*

*Les sept **transformateurs** sont placés dans le four et la tension assignée est appliquée à chacun des circuits.*

*Les thermostats du four sont ensuite régulés de sorte que la température interne du four atteigne une valeur telle que la température de l'enroulement le plus chaud dans chacun des **transformateurs** soit approximativement égale à la valeur objective donnée au Tableau U.2.*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Tableau U.2 – Températures d'essai théoriques pour transformateurs soumis à une durée d'essai d'endurance de 30 jours avec une espérance de vie de 10 ans

Constante *S*		Températures d'essai théoriques *t* °C					
		S4.5	**S5**	**S6**	**S8**	**S11**	**S16**
Pour t_w =	90	163	155	142	128	117	108
	95	171	162	149	134	123	113
	100	178	169	156	140	128	119
	105	185	176	162	146	134	125
	110	193	183	169	152	140	130
	115	200	190	175	159	146	136
	120	207	197	182	165	152	141
	125	215	204	189	171	157	147
	130	222	211	196	177	163	152
	135	230	219	202	184	169	158
	140	238	226	209	190	175	163

Sauf spécification contraire sur le **transformateur**, les limites de températures spécifiées dans la colonne S4.5 s'appliquent. L'usage d'une constante autre que S4.5 doit être justifié conformément à U.5.2.

Les températures d'essai théoriques pour une espérance de vie de 5 ans sont à déduire par calcul en utilisant l'équation (U.2) du présent article.

Après 4 h, la température réelle de l'enroulement est déterminée par la méthode «changement en résistance» et, si nécessaire, les thermostats du four sont réajustés pour s'approcher le plus possible de la température d'essai visée. Ensuite, une lecture quotidienne de la température de l'air dans le four est effectuée pour s'assurer que les thermostats sont maintenus à la valeur correcte, avec une tolérance de ±2 °C.

Les températures d'enroulement sont mesurées ensuite après 24 h et la durée de l'essai finale pour n'importe quel ***transformateur*** *est déterminée à partir de l'équation (U.2). La Figure U.1 illustre la forme graphique. La différence admissible entre la température réelle de l'enroulement le plus chaud de n'importe lequel des* ***transformateurs*** *soumis à l'essai et la valeur théorique doit être telle que la durée de l'essai finale soit au moins égale à, mais pas plus de deux fois supérieure à la durée objective de l'essai.*

NOTE 2 Pour la mesure de température de l'enroulement par la méthode «changement en résistance», l'équation (U.1) est applicable:

$$t_2 = \frac{R_2}{R_1}(234{,}5 + t_1) - 234{,}5 \qquad \text{(U.1)}$$

où

t_1 est la température initiale (en °C);

t_2 est la température finale (en °C);

R_1 est la résistance à la température t_1;

R_2 est la résistance à la température t_2;

La constante 234,5 se réfère aux enroulements en cuivre; pour l'aluminium, cette constante devrait être 225.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Aucune tentative pour maintenir la température d'enroulement constante après la mesure à 24 h ne doit être faite. Seule la température de l'air ambiant doit être stabilisée par réglage thermostatique.

La durée de l'essai pour chaque ***transformateur*** *commence à partir du moment où le* ***transformateur*** *est connecté à l'alimentation. A la fin de son essai, le* ***transformateur*** *concerné est déconnecté de l'alimentation mais n'est pas enlevé du four tant que l'essai sur l'autre ou les autres* ***transformateur****s n'est pas achevés.*

NOTE 3 Les températures d'essai théoriques données au Tableau U.2 correspondent à une durée d'emploi de 10 ans en fonctionnement continu à la température de fonctionnement maximale t_w.

Elles sont calculées à l'aide de l'équation suivante (voir Figure U.1):

$$\log L = \log L_o + S\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_w}\right) \qquad \text{(U.2)}$$

où

L est la durée de vie estimée de l'essai d'endurance en jours (30)

L_o est égal à 3 652 jours (10 ans)

T est la température d'essai théorique (t + 273) K

T_w est la température de fonctionnement maximale assignée (t_w + 273) K

S est la constante dépendante de la conception du **transformateur** et des matériaux utilisés. Si aucune réclamation n'est faite, S aura la valeur 4 500, mais un fabricant peut revendiquer l'usage d'autres valeurs si les essais concernés le justifient.

En conséquence, l'essai d'endurance peut être effectué en un temps bien plus court que 10 ans ou que l'espérance de vie choisie à une température d'enroulement plus élevée.

U.5.2 Utilisation de constantes S autres que 4500 dans les essais de t_w

U.5.2.1 Les essais décrits dans cette annexe ont pour but de permettre au fabricant de justifier l'usage d'une constante S autre que 4 500.

Les températures d'essai théoriques T à usage dans les essais d'endurance de ballast sont calculées à partir de l'équation (U.2) en U.5.1.

Si aucune revendication n'est faite, S aura la valeur 4 500, mais un fabricant peut revendiquer l'usage de n'importe quelle autre valeur du Tableau U.2 si cela peut se justifier par les procédures a) et b) ci-dessous.

Si l'usage d'une constante autre que 4 500 pour un **transformateur** particulier a été justifié sur la base des procédures a) et b), alors cette constante peut être utilisée dans les essais d'endurance pour ce **transformateur** ainsi que pour d'autres **transformateurs** de même construction et de même matériaux.

U.5.2.2 Procédure *a)*

Le fabricant soumet des données expérimentales relatives à la température d'enroulement pour la conception du **transformateur**, basées sur un nombre suffisant d'échantillons, en aucun cas inférieur à 30.

A partir de ces données, on calcule la courbe de régression T liée au log L, et les courbes correspondant au degré de confiance à 95 % associées

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Une ligne droite est ensuite dessinée en passant par les points où les abscisses de 10 jours et 120 jours sont en intersection respectivement avec les courbes correspondant au degré de confiance à 95 % haute et basse. Voir Figure U.2 pour une présentation typique. Si l'inverse de la pente est supérieur ou égal à la valeur déclarée de *S*, alors cette dernière est justifiée dans des limites de confiance de 95 %. Pour le critère d'échec, voir la procédure *b)*.

NOTE 1 Les points à 10 jours et 120 jours représentant le plus petit intervalle nécessaire à l'application des courbes de confiance. D'autres points peuvent être utilisés à condition qu'un intervalle identique ou supérieur soit couvert.

NOTE 2 Des informations en regard des techniques impliquées et de la méthode de calcul des courbes de régression et des limites de confiance sont données dans CEI 60216.

U.5.2.3 Procédure b)

L'autorité effectuant l'essai doit essayer 14 nouveaux **transformateurs** soumis par le fabricant en plus des **transformateurs** nécessaires à l'essai d'endurance; les 14 nouveaux **transformateurs** étant séparés aléatoirement en deux groupes de sept. Le fabricant doit établir la valeur réclamée de *S* et la température d'essai T_1 requises pour obtenir une durée de vie nominale moyenne du **transformateur** de 10 jours ainsi que la température d'essai correspondante T_2 requise pour obtenir une durée de vie nominale moyenne du **transformateur** d'au moins 120 jours; T_2 étant calculée en fonction de T_1 et de la valeur réclamée de *S* à l'aide de la version suivante de l'équation (U.2):

$$\frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{S}\log\frac{120}{10} \text{ or } \frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_1} + \frac{1\,079}{S} \tag{U.3}$$

où

T_1 est la température d'essai théorique en K pendant 10 jours

T_2 est la température d'essai théorique en K pendant 120 jours

S est la constante déclarée

Les essais d'endurance sont ensuite effectués en appliquant la méthode de base de l'article U.5 aux deux groupes de sept **transformateurs**, en se basant respectivement sur les températures théoriques T_1 (Essai 1) et T_2 (Essai 2).

Si le courant varie de plus de 15 % de la valeur initiale mesurée 24 h après le début de l'essai, l'essai est répété à une température plus basse. La durée de l'essai est calculée avec l'aide de l'équation (U.2) de U.5.1. Un **transformateur** est considéré comme ayant échoué si pendant son fonctionnement dans le four:

a) le **transformateur** devient en circuit ouvert;

b) la rupture d'isolation se produit, signalée par le fonctionnement d'un fusible à action rapide avec caractéristiques assignées du courant de 150 % à 200 % du courant initial d'alimentation mesuré après 24 h.

L'essai 1, dont la durée doit être supérieure ou égale à 10 jours, est poursuivi jusqu'à ce que tous les **transformateurs** aient échoué; la durée de vie moyenne L_1 étant calculée à partir de la moyenne logarithmique des durées de vie individuelles à la température T_1. À partir de la valeur L_1, la durée de vie moyenne L_2 correspondant à la température T_2 est calculée à l'aide de l'équation (U.4) qui est un autre arrangement de l'équation (U.2):

$$L_2 = L_1 \exp\left[\frac{S}{\log e}\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right] \tag{U.4}$$

où

L_1 est la vie moyenne

L_2 est la vie moyenne correspondante

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

T_1 est la température d'essai théorique en K pour 10 jours

T_2 est la température d'essai théorique en K pour 120 jours

S est la constante déclarée

NOTE 1 Il convient de prendre soin de vérifier que l'échec d'un ou plusieurs **transformateurs** n'affecte pas la température des **transformateurs** encore à l'essai.

L'essai 2 est poursuivi jusqu'à ce que la durée de vie moyenne à la température T_2 excède L_2; ce résultat implique que la valeur de la constante pour l'échantillon soit au moins celle de la constante déclarée. Si tous les échantillons échouent avant que leur durée de vie n'atteigne L_2, alors la valeur de constante réclamée pour les échantillons n'est pas vérifiée.

Les durées de vie d'essai, depuis la température d'essai réelle jusqu'à la température d'essai théorique, doivent être normalisées en utilisant la constante déclarée S.

NOTE 2 Il n'est généralement pas nécessaire de poursuivre l'essai 2 jusqu'à ce que tous les **transformateurs** aient échoué. Le calcul de la durée nécessaire est simple mais doit être mis à jour à chaque échec.

Dans le cas de **transformateurs** incorporant des matériaux sensibles à la température, une durée de vie nominale du **transformateur** de 10 jours peut ne pas convenir. Dans de tels cas, il convient que le fabricant adopte une durée de vie plus longue à condition qu'elle soit plus courte que la durée d'essai d'endurance appropriée de 30 jours.Dans de tels cas, la durée de vie nominale du **transformateur** la plus longue doit être au moins dix fois supérieure à la durée de vie nominale la plus courte (par exemple, 15/150 jours, 18/180 jours, etc.).

Les courbes tracées sur la Figure ne sont représentées qu'à titre d'information: elles traduisent les résultats fournis par l'application de la formule (2) avec une constante S égale à 4 500 (voir Article U.1).

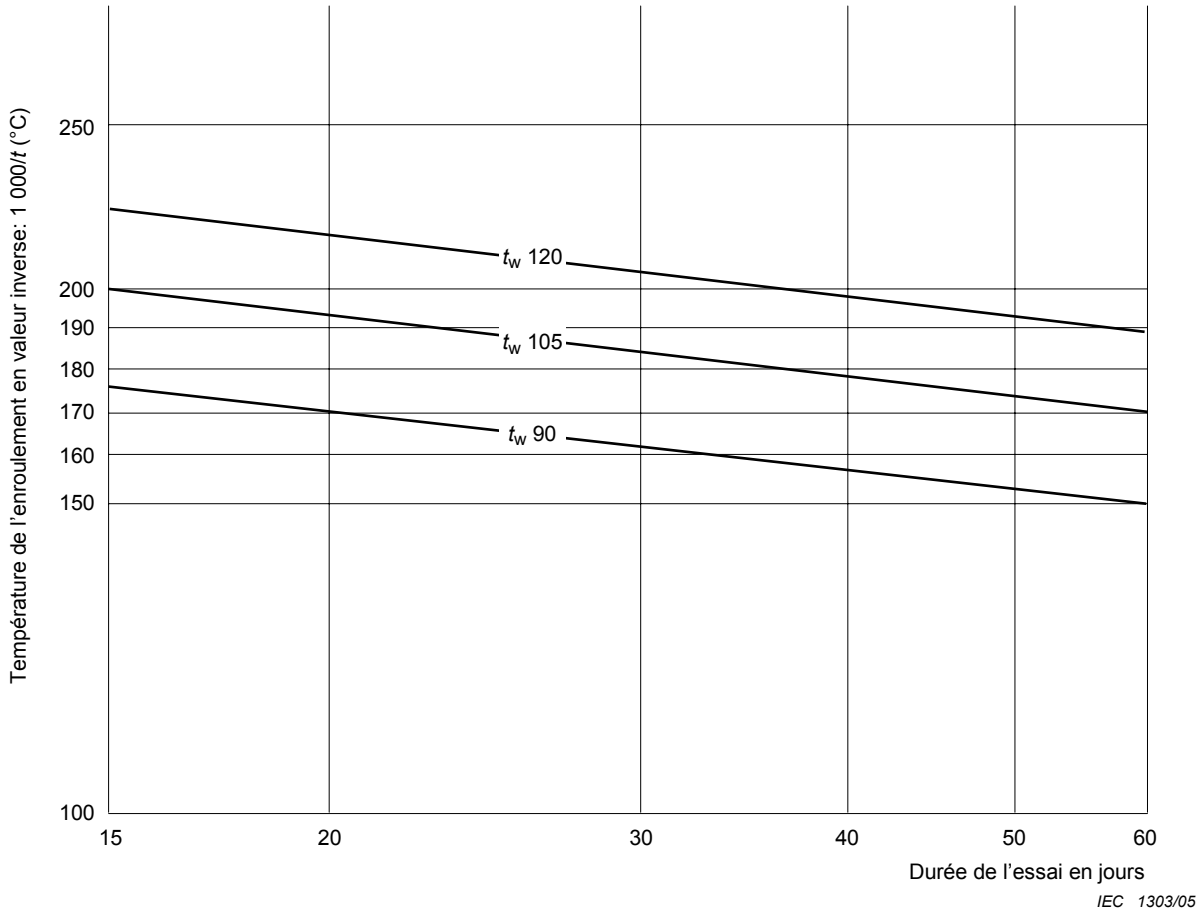


Figure U.1 – Relation entre la température de l'enroulement et la durée de l'essai d'endurance

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

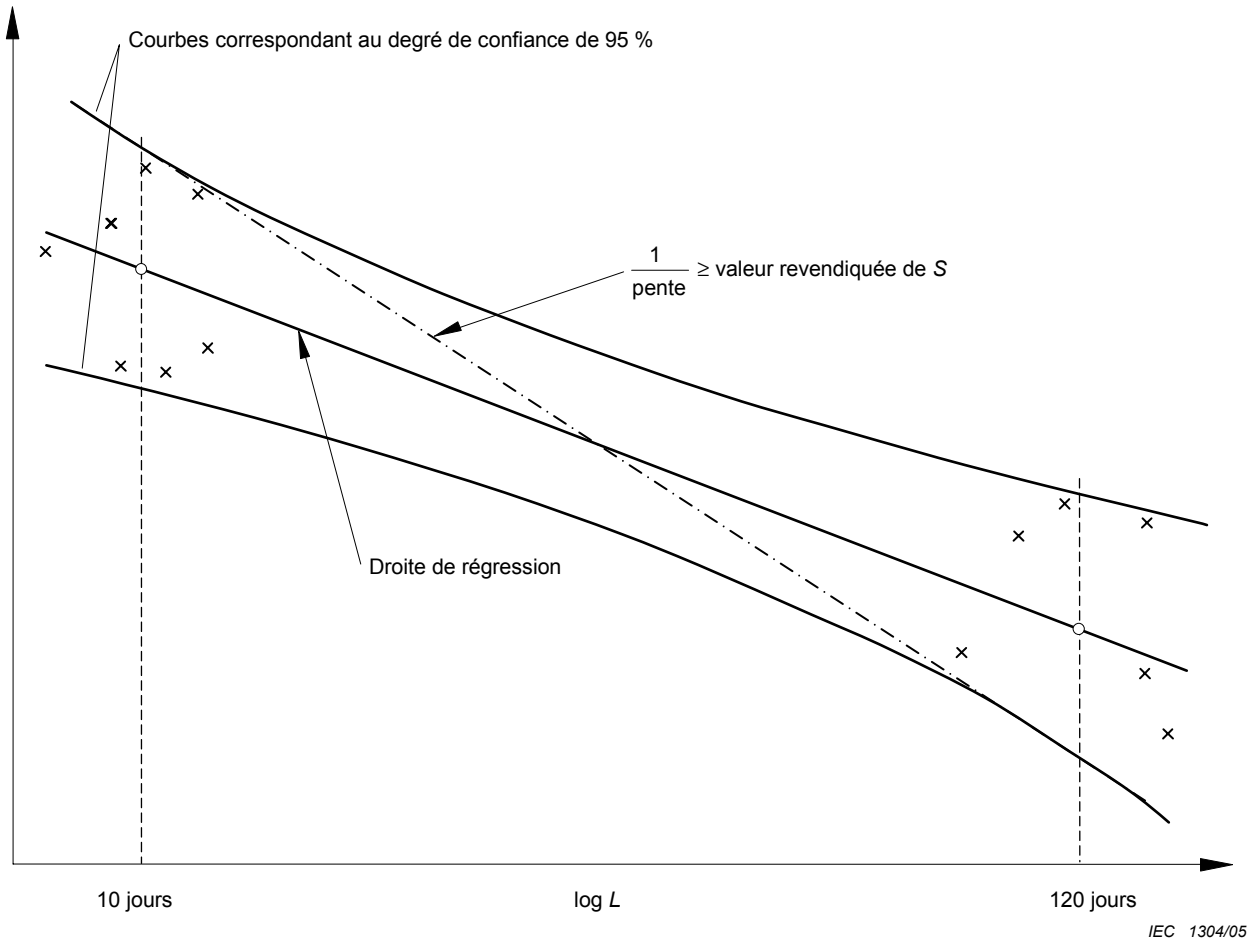


Figure U.2 – Contrôle de la valeur revendiquée de *S*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe V
(informative)

Symboles à utiliser pour les coupe-circuit thermiques

V.1 Introduction

Le but de cette annexe est d'informer le constructeur et l'utilisateur final sur la manière de procéder pour réenclencher le **transformateur** après fonctionnement du coupe-circuit thermique.

Quand les symboles sont utilisés, ils sont destinés à informer. Dans le futur, une fois que ces symboles seront connus et reconnus, l'objectif est de les rendre obligatoires.

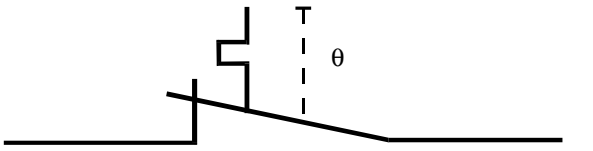
V.2 Lorsqu'ils sont utilisés, les symboles sont placés sur le **transformateur**. Ils s'appliquent à la fois aux **transformateurs indépendants** et **associés**.

Les dessins donnés ci-dessous sont à utiliser.

NOTE θ est le symbole utilisé pour signaler que le dispositif est sensible à la température.

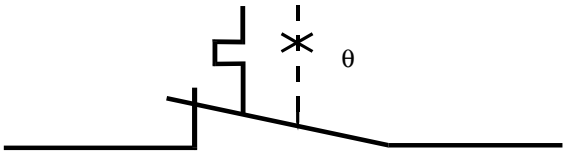
V.2.1 Coupe-circuit thermique sans réenclenchement automatique (voir 3.3.4)

V.2.1.1 Rétabli par une opération manuelle



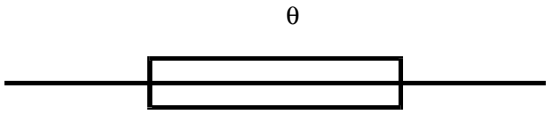
IEC 489/98

V.2.1.2 Rétabli par coupure de l'alimentation



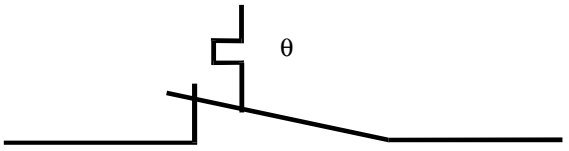
IEC 490/98

V.2.1.3 Protecteur thermique (voir 3.3.5)



IEC 491/98

V.2.2 Coupe-circuit thermique à réenclenchement automatique (voir 3.3.3)



IEC 492/98

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Annexe W
(normative)

Cartes de circuits imprimés avec revêtement

Les essais des cartes de circuits imprimés avec revêtement sont réalisés selon la CEI 60664-3 avec les modifications suivantes:

W.1 Général

Les exigences de 5.1 «Générale» de la CEI 60664-3 s'appliquent, mais lorsque des échantillons de la production sont utilisés, trois échantillons de carte de circuits imprimés sont essayés.

W.2 Froid

L'essai de 5.7.1 «Froid» de la CEI 60664-3 est réalisé à –25 °C.

W.3 Changement rapide de température

Dans l'exigence de 5.7.3 «Changement rapide de température» de la CEI 60664-3, la sévérité 1 est appliquée.

W.4 Essais additionnels

Les exigences de 5.9 «Essais additionnels» de la CEI 60664-3 ne sont pas applicables.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Bibliographie

CEI 60038:1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050-195:1998, *Vocabulaire Electronique International – Partie 195: Mise à la terre et protection contre les chocs électriques*

CEI 60050-421:1990, *Vocabulaire Electronique International – Partie 421: Transformateurs de puissance et bobines d'inductance*

CEI 60050-826:1982, *Vocabulaire Electronique International – Partie 826: Installations électriques*

CEI 60051 (toutes les parties), *Appareils mesureurs électriques indicateurs analogiques à action directe et leurs accessoires*

CEI 60364-4-41:2001, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60584-1:1995, *Couples thermoélectriques – Partie 1: Tables de référence*

CEI 60738-1:1998, *Thermistances à basculement à coefficient de température positif à chauffage direct – Partie 1: Spécification générique*

CEI 60998-1:2002, *Dispositifs de connexion pour circuits basse tension pour usage domestique et analogue – Partie 1: Règles générales*

CEI 61000-3-2:2000, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-2: Limites – Limites pour les émissions de courant harmonique (courant appelé par les appareils ≤ 16 A par phase)*

CEI 61000-3-3:1994, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 3-3: Limites – Limites des variations de tension, des fluctuations de tension et du papillotement dans les réseaux publics d'alimentation basse tension, pour les matériels ayant un courant assigné ≤ 16 A par phase et non soumis à un raccordement conditionnel)*

CEI 62041:2003, *Transformateurs, blocs d'alimentation, bobines d'inductance et produits analogues – Prescriptions CEM*

CISPR 11:2003, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique – Caractéristiques de perturbations électromagnétiques – Limites et méthodes de mesure*

CISPR 14 (toutes les parties), *Compatibilité électromagnétique – Exigences pour les appareils électrodomestiques, outillages électriques et appareils analogues*

ISO 3:1973, *Nombres normaux – Séries de nombres normaux*

IEEE 101: 1987, *IEEE guide for the statistical analysis of thermal life test data*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

Index des définitions

– A –

Alimentation 3.1.19
Alimentation à découpage 3.1.20

– B –

Bobine d'inductance 3.1.21

– C –

Câble d'alimentation 3.2.2
Câble souple externe 3.2.1
Circuit électronique 3.2.13
Circuit interne 3.4.5
Circuit primaire 3.4.1
Circuit secondaire 3.4.2
Circuit TBTF 3.7.19
Circuit TBTP 3.7.18
Circuit TBTS 3.7.17
Composant électronique 3.2.12
Conducteur de terre de protection 3.3.11
Coupe-circuit thermique 3.3.2
Coupe-circuit thermique à réenclenchement automatique 3.3.3
Coupe-circuit thermique sans réenclenchement automatique 3.3.4
Coupure omnipolaire des pôles 3.3.1
Courant dans le conducteur de terre de protection 3.8.2
Courant de contact 3.8.2
Courant secondaire assigné 3.5.4

– D –

Degré de pollution 1 (P1) 3.7.12.1
Degré de pollution 2 (P2) 3.7.12.2
Degré de pollution 3 (P3) 3.7.12.3
Degrés de pollution ..... 3.7.12.
Distance d'isolement 3.7.8
Double isolation 3.7.3

– E –

Ecran de protection 3.7.14
Enroulement primaire 3.4.3
Enroulement secondaire 3.4.4
Enveloppe 3.2.9

– F –

Facteur de puissance assigné 3.5.6
Fil de bobinage isolé 3.4.6
Fils de connexion 3.2.3
Fréquence assignée 3.5.3
Fréquence d'alimentation assignée 3.5.3.1
Fréquence de fonctionnement interne 3.5.3.2

– I –

Isolation fonctionnelle 3.7.22
Isolation principale 3.7.1
Isolation renforcée 3.7.4
Isolation supplémentaire 3.7.2

– L –

Ligne de fuite 3.7.9

– M –

Masse 3.2.4
Micro-environnement 3.7.11

– O –

Outil 3.2.8

– P –

Partie accessible 3.2.5
Partie active 3.7.20
Partie active dangereuse 3.7.21
Parties affaiblies intentionnellement 3.3.7
Partie amovible 3.2.6
Partie conductrice 3.2.11
Partie conductrice intermédiaire 3.2.10
Partie non détachable 3.2.7
Plage de tensions primaires assignées 3.5.2
Pollution 3.7.10
Protecteur thermique 3.3.5
Puissance à vide 3.6.1
Puissance assignée 3.5.7

– R –

Relais à maximum de courant 3.3.6

– S –

Séparation électrique 3.2.15
Séparation de protection 3.7.13
Service intermittent 3.3.10.3
Service permanent 3.3.10.1
Service temporaire 3.3.10.2

– T –

TBT (Très basse tension) 3.7.15
TBTS 3.7.16
Température ambiante assignée 3.5.8
Température ambiante minimale assignée 3.5.9
Tension de court-circuit 3.3.9
Tension locale 3.3.8
Tension primaire assignée 3.5.1
Tension secondaire à vide 3.6.2
Tension secondaire assignée 30
Transformateur (de puissance) 3.1.1
Transformateur à enroulements séparés..... 3.1.4
Transformateur incorporé 3.1.6.1
Transformateur associé 3.1.6
Transformateur de classe I 3.7.5
Transformateur de classe II 3.7.6
Transformateur de classe III 3.7.7
Transformateur de sécurité 3.1.3
Transformateur de séparation des circuits 3.1.2
Transformateur fixe 3.1.15
Transformateur incorporé 3.1.6.1
Transformateur indépendant 3.1.7
Transformateur installé à poste fixe 3.1.14
Transformateur mobile 3.1.12
Transformateur non dangereux en cas de défaillance 3.1.11
Transformateur non résistant aux courts-circuits 3.1.10
Transformateur portatif (à main) 3.1.13
Transformateur pour pose encastrée 22
Transformateur pour usage spécifique 3.1.6.2
Transformateur résistant aux courts-circuits 3.1.9
Transformateur résistant aux courts-circuits par construction 3.1.9.2
Transformateur résistant aux courts-circuits par dispositif incorporé 3.1.9.1
Transformateur résistant aux courts-circuits par dispositif incorporé avec dispositif de protection réarmable, à réarmement automatique ou remplaçable 3.1.9.1.1
Transformateur résistant aux courts-circuits par dispositif incorporé avec dispositif de protection non réarmable ou non remplaçable 3.1.9.1.2
Transformateur sec 3.1.18
Type de service 3.3.10

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.