

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V –

Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units

Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V –

Partie 2-16: Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
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.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

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.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V –

Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units

Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V –

Partie 2-16: Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.180

ISBN 978-2-8322-1043-7

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V –

Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units

Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V –

Partie 2-16: Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage

CONTENTS

FOREWORD.....	4
---------------	---

INTRODUCTION TO THE AMENDMENT.....	6
------------------------------------	---

1 Scope.....	7
2 Normative references.....	9
3 Terms and definitions	10
4 General requirements	11
5 General notes on tests.....	11
6 Ratings.....	11
7 Classification	11
8 Marking and other information.....	11
9 Protection against electric shock.....	13
10 Change of input voltage setting	14
11 Output voltage and output current under load	14
12 No-load output voltage	14
13 Short circuit voltage	15
14 Heating.....	15
15 Short-circuit and overload protection	15
16 Mechanical strength.....	16
17 Protection against harmful ingress of dust, solid objects and moisture.....	16
18 Insulation resistance, dielectric strength and leakage current	16
19 Construction	17
20 Components	24
21 Internal wiring.....	24
22 Supply connection and other external flexible cables or cords.....	24
23 Terminals for external conductors	24
24 Provisions for protective earthing	24
25 Screws and connections	24
26 Creepage distances, clearances and distances through insulation	24
27 Resistance to heat, fire and tracking	40
28 Resistance to rusting	40

Annexes.....	41
--------------	----

Annex K (normative) Insulated winding wires	41
---	----

Annex AA (informative) Partial discharge (PD) test	44
--	----

Annex BB (normative) Particular requirements for associated transformers for use in switch mode power supplies with internal frequencies > 500 Hz	44
---	----

Bibliography	46
--------------------	----

Figure 101 – Diagram for dimensioning of clearances.....	26
--	----

Figure 102 – Diagram of dimensioning creepage distances.....	29
--	----

Figure 103 – Permissible field strength for dimensioning of solid insulation according to Equation (1)	37
Figure 104 – Test voltages	17
Table 101 – Output voltages ratio	15
Table 102 – Values of clearances for frequencies > 30 kHz with approximately homogeneous field condition according to 4.3 of IEC 60664-4	26
Table 103 – Values of clearances for transient overvoltages or recurring peak voltages produced in the primary circuit of the SMPS for frequencies ≤ 30 kHz	27
Table 104 – Minimum values of clearances in air for inhomogeneous field conditions for frequency > 30 kHz	27
Table 105 – Basic or supplementary insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 1)	30
Table 106 – Basic or supplementary insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 2)	31
Table 107 – Basic or supplementary insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 3)	32
Table 108 – Double or reinforced insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 1)	33
Table 109 – Double or reinforced insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 2)	34
Table 110 – Double or reinforced insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 3)	35
Table 111 – Values of FIW wires with maximum overall diameter and minimum test voltages according to enamel increase	39
Table K.1 – Mandrel diameter	42
Table K.2 – Oven temperature	42

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY OF TRANSFORMERS, REACTORS, POWER SUPPLY UNITS
AND SIMILAR PRODUCTS FOR SUPPLY VOLTAGES UP TO 1 100 V –****Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply
units and transformers for switch mode power supply units**

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.

This Consolidated version of IEC 61558-2-16 bears the edition number 1.1. It consists of the first edition (2009) [documents 96/330/FDIS and 96/333/RVD] and its amendment 1 (2013) [documents 96/401/FDIS and 96/405/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions and deletions are displayed in red, with deletions being struck through. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

This publication has been prepared for user convenience.

International Standard IEC 61558-2-16 has been prepared by IEC technical committee 96: Transformers, reactors, power supply units and similar products for low voltage up to 1 100 V.

This part has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104 (1997): *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications.*

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

This Part 2-16 is intended to be used in conjunction with the latest edition of IEC 61558-1 and its amendments. It is based on the second edition (2005) of that standard. This part supplements or modifies the corresponding clauses in IEC 61558-1, so as to convert that publication into the IEC standard: *Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units*. A list of all parts of the IEC 61558 series can be found on the IEC website under the title: *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V*.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

Where a particular subclause of Part 1 is not mentioned in this part, that subclause applies as far as is reasonable. Where this part states "addition", "modification" or "replacement", the relevant text of Part 1 is to be adapted accordingly. In this part, 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 this part, the words in **bold** are defined in Clause 3. Subclauses, notes, figures and tables additional to those in Part 1 are numbered starting from 101; supplementary annexes are entitled AA, BB, etc.

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

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

NOTE The attention of National Committees is drawn to the fact that equipment manufacturers and testing organizations may need a transitional period following publication of a new, amended or revised IEC publication in which to make products in accordance with the new requirements and to equip themselves for conducting new or revised tests. It is the recommendation of the committee that the content of this publication be adopted for implementation nationally not earlier than 12 months from the date of publication.

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

INTRODUCTION TO THE AMENDMENT

This amendment has been prepared to allow the use of **FIW** wires in SMPS.

The manufacturer should be careful, that during production and transport no damage of the **FIW** wire will be possible.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

SAFETY OF TRANSFORMERS, REACTORS, POWER SUPPLY UNITS AND SIMILAR PRODUCTS FOR SUPPLY VOLTAGES UP TO 1 100 V –

Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units

1 Scope

Replacement:

This part of IEC 61558 deals with the safety of **switch mode power supply units** and **transformers** for **switch mode power supply units**. **Transformers** incorporating **electronic circuits** are also covered by this standard.

NOTE 1 Safety includes electrical, thermal and mechanical aspects.

This part applies to:

- switch mode power supply units** incorporating **safety isolating transformers** providing **SELV, PELV or FELV** a.c. or d.c. **output voltage(s)**, or a combination thereof according to IEC 61140 and IEC 60364-4-41 for use with household and other consumer products, except for products covered by IEC 60065, IEC 61347 series, IEC 61204-7 and IEC 60950-1;
- switch mode power supply units** with a maximum **output voltage** not exceeding 1 000 V a.c. or 1 414 V ripple-free d.c. for use with household and other consumer products, except for products covered in a) and products covered by IEC 60065, IEC 61347 series, IEC 61204-7 and IEC 60950-1;
- this standard may be used for **transformers** for use in **switch mode power supply units** (see Annex BB).

This part covers the safety requirements for:

- separating SMPS for general use corresponding to Part 2-1;
- isolating SMPS for general use corresponding to Part 2-4;
- safety isolating SMPS for general use corresponding to Part 2-6;
- auto-SMPS for general use corresponding to Part 2-13.

For SMPS for specific application corresponding to the other Parts 2 of 61558 series, the necessary requirements of the relevant Parts 2 are applicable. In addition, the requirements listed in this part apply. Where the two requirements are in conflict, the most severe take precedence.

NOTE 2 As the maximum **rated supply voltage** of the internal **transformer** is 1 000 V, the maximum **rated supply voltage** of the **switch mode power supply** may be lower due to type of rectification.

Switch mode power supply units covered by this standard are air cooled (natural or forced) **independent, associated, stationary, portable**, single-phase, or polyphase, with the **rated supply voltage** not exceeding 1 100 V a.c., the **rated supply frequency** not exceeding 500 Hz, the **rated internal operating frequency** exceeding 500 Hz, but not exceeding 100 MHz, and the **rated output** not exceeding 1 kVA or 1 kW, incorporating **dry-type transformers** with encapsulated or non-encapsulated windings.

Associated transformers for switch mode power supply units covered by Annex BB of this standard shall have a **rated output** not exceeding:

- 25 kVA for single-phase **transformers**;
- 40 kVA for polyphase **transformers**.

NOTE 3 For higher frequencies, additional requirements may be necessary. However, this standard may be used as a guide.

The **no-load output voltage** or the **rated output voltage** of **switch mode power supply units** shall not exceed:

- 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple-free d.c. when **separating transformers** or **auto-transformers** are used;
- 500 V a.c. or 708 V ripple-free d.c. when **isolating transformers** are used;
- 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. when **safety isolating transformers** are used.

The **no-load output voltage** or the **rated output voltage** of **independent switch mode power supply units** shall not be less than:

- 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. when **separating transformers** or **autotransformers** are used.

This standard is also applicable to **switch mode power supply units**, converters and inverters without limitation of the **rated output**. However, such **switch mode power supply units** are for special applications and are subject to an agreement between the purchaser and the manufacturer.

NOTE 4 In the context of this standard, converters and inverters are considered to be **switch mode power supply units**.

This standard may also be used as a guide for products not covered by the scope of this standard, the scope of IEC 61204-7, or the scope of IEC 61347 series.

This standard does not apply to:

- motor-generator sets;
- uninterruptible power supplies (UPS) according to IEC 62040;
- **switch mode power supply units** covered by IEC 61204-7 (i.e., low-voltage power supply devices, d.c. output, performance characteristics) and d.c. power and distribution equipment and **switch mode power supply units** for use in applications covered by IEC 60950-1, IEC 61010-1, IEC 60601-1, and IEC 60065;
- lamp control gear covered by IEC 61347-1;
- external circuits and their components intended to be connected to the input terminals and output terminals of the **transformers**.

NOTE 5 IEC 61204-7 will be updated by SC 22E.

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 such as 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 part may be used as a guidance document.

Unless otherwise specified, from here onward, the term **SMPS** covers **switch mode power supply units**.

2 Normative references

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

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

IEC 60317-0-7:2012, *Specifications for particular types of winding wires – Part 0-7: General requirements – Fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wire with nominal conductor diameter of 0,040 mm to 1,600 mm*

IEC 60317-43, *Specifications for particular types of winding wires – Part 43: Aromatic polyimide tape wrapped round copper wire, class 240*

IEC 60317-56, *Specifications for particular types of winding wires – Part 56: Solderable fully insulated (FIW) zero-defect polyurethane enamelled round copper wire with nominal conductor diameter 0,040 mm to 1,600 mm, class 180*

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60601-1, *Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for basic safety and essential performance*

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

IEC 60851-3:2009, *Winding wires – Test methods – Part 3: Mechanical properties*

IEC 60851-5:2008, *Winding wires – Test methods – Part 5: Electrical properties*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61010-1, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*

IEC 61204-7:2006, *Low voltage power supplies, d.c. output – Part 7: Safety requirements*

IEC 61347 (all parts), *Lamp controlgear*

IEC 61558-1:2005, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 1: General requirements and tests*

IEC 61558-2-1, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 2-1: Particular requirements and tests for separating transformers and power supplies incorporating separating transformers for general applications*

IEC 61558-2-4, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-4: Particular requirements and tests for isolating transformers and power supply units incorporating isolating transformers*

IEC 61558-2-6, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-6: Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers*

IEC 61558-2-13, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-13: Particular requirements and tests for auto transformers and power supply units incorporating auto transformers*

IEC 62040 (all parts), *Uninterruptible power systems (UPS)*

3 Terms and definitions

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

The term **transformer** in Part 1 also designates a **SMPS** as defined by this part.

In Annex BB of this standard, the term **transformer** applies to a **transformer** for **SMPS**.

In this standard, the actual applicable terms are used.

Replacement

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. The **working voltage** between any point in the circuit supplied by the mains and other isolated parts shall be assumed:

- the rated input voltage, or
- the measured working voltage

whichever is greater

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.

Addition:

3.101

FIW

fully insulated winding wire

wire according to IEC 60317-0-7, IEC 60317-56 and IEC 60851-5:2008 which is a **zero-defect wire** construction

3.102

zero-defect wire

winding wire that exhibits no electrical discontinuities when tested under specific conditions

3.103**grade of FIW**

range of overall diameter of a wire (**FIW3 – FIW9**)

4 General requirements

This clause of Part 1 is applicable.

5 General notes on tests

This clause of Part 1 is applicable.

6 Ratings

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

6.101 The **rated output voltage** shall not exceed:

- 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **separating transformers** or **auto-transformers**;
- 500 V a.c. or 708 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **isolating transformers**;
- 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **safety isolating transformers**.

For **independent SMPS** incorporating **separating transformers** or **auto-transformers**, the **rated output voltage** shall exceed 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. and not exceed 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple-free d.c.

6.102 The **rated output** of the **SMPS** shall not exceed 1 kVA or 1 kW.

NOTE See Annex BB for a **transformer** incorporated in an **SMPS**.

6.103 The **rated supply frequency** shall not exceed 500 Hz.

6.104 The **rated internal operating frequency** shall not exceed 100 MHz.

6.105 The **rated supply voltage** shall not exceed 1 100 V a.c.

Compliance with 6.101 to 6.105 is checked by inspection of the marking.

7 Classification

This clause of Part 1 is applicable.

8 Marking and other information

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

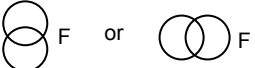
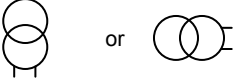
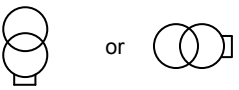
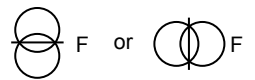
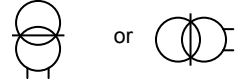
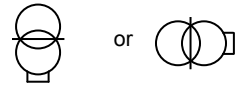
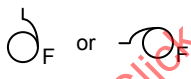
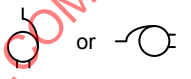
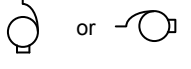
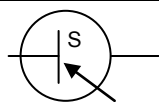
8.1 h) *Replacement:*

relevant graphical symbols shown in 8.11 indicating the kind of **transformer** in addition with the symbol for **SMPS**; 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. The term **transformer** shall be replaced by **SMPS**, except for the marking which applies to **incorporated transformers** and **incorporated SMPS**;

8.11 *Addition:*

The following symbols shall be used to indicate the type of **transformer(s)** that are incorporated:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

Symbol or graphical symbol	Explanation or title	Identification
	SMPS incorporating a fail-safe separating transformer	
	SMPS incorporating a non-short-circuit-proof separating transformer	IEC 60417-5223 (2002-10)
	SMPS incorporating a short-circuit-proof separating transformer (inherently or non-inherently)	IEC 60417-5223 (2002-10)
	SMPS incorporating a fail-safe isolating transformer	
	SMPS incorporating a non-short-circuit-proof isolating transformer	
	SMPS incorporating a short-circuit-proof isolating transformer (inherently or non-inherently)	
	SMPS incorporating a fail-safe safety isolating transformer	
	SMPS incorporating a non-short-circuit-proof safety isolating transformer	
	SMPS incorporating a short-circuit-proof safety isolating transformer (inherently or non-inherently)	
	SMPS incorporating a fail-safe auto-transformer	
	SMPS incorporating a non-short-circuit proof auto-transformer	
	SMPS incorporating a short-circuit proof auto-transformer (inherently or non-inherently)	
	SMPS (Switch mode power supply unit)	

9 Protection against electric shock

This clause of Part 1 is applicable.

10 Change of input voltage setting

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

Addition:

10.101 A wide range (e.g. 100 V a.c. to 240 V a.c.) of **supply voltage** is allowed if the **output voltage** does not exceed the **rated output voltage** and the **no-load output voltage** does not exceed the limits of the output voltage deviation according to the type of **transformer** feeding the appropriate **output circuit**.

11 Output voltage and output current under load

This clause of Part 1 is applicable.

12 No-load output voltage

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

Addition:

The **no-load output voltage** is measured when the **SMPS** is connected to the **rated supply voltage** at the **rated supply frequency** at ambient temperature.

12.101 The **no-load output voltage** shall not exceed:

- 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **separating transformers** or **auto-transformers**;
- 500 V a.c. or 708 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **isolating transformers**;
- 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **safety isolating transformers**.

For **independent transformers**, this **output voltage** limitation applies even when **output windings**, not intended for interconnection, are connected in series.

12.102 The difference between the **no-load output voltage** and the **output voltage** under rated load shall not be excessive.

*The difference between the **no-load output voltage** measured in this clause and the **output voltage** under load measured during the test of Clause 11, expressed as a percentage of the latter voltage, shall not exceed the values shown in Table 101.*

NOTE 1 The ratio is defined as follows:
$$\frac{U_{\text{no-load}} - U_{\text{load}}}{U_{\text{load}}} \times 100 \%$$

where $U_{\text{no-load}}$ is the no-load output voltage and U_{load} is the output voltage under load.

Table 101 – Output voltages ratio

Type of transformer Rated output VA	Ratio between no-load output voltage and output voltage under load %
Up to and including 63	20
Over 63 up to and including 250	15
Over 250 up to and including 630	10
Over 630	5

Compliance with the requirements of 12.101 and 12.102 is checked by measuring the **no-load output voltage** at the **ambient temperature** when the **SMPS** is connected to the **rated supply voltage** at the **rated supply frequency**.

The difference shall not exceed the values shown in Table 101.

NOTE 2 The values of Table 101 are based on the values of Part 2-4 and are also applicable to **SMPS** according to Part 2-1, 2-6, and 2-13.

12.103 Unless otherwise specified by the manufacturer, **SMPS** with high frequency **output rating** shall be tested with 20 cm to 200 cm length of wire connected to the **output terminals** under the most unfavourable conditions. Two twisted wires or cables rated 60227 IEC 53 may be used. The cross sectional area of the conductors shall be determined according to the **rated output** of the **SMPS**, and the current density shall not exceed 5 A/mm² in normal use.

13 Short circuit voltage

This clause of Part 1 is applicable.

14 Heating

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

14.101 For **SMPS** incorporating **transformers** with internal frequencies higher than 1 kHz, thermocouples or equivalent means of measuring the temperatures may be used to determine the temperature of the windings and the insulating materials.

The maximum values of Table 1 in Part 1 for winding temperatures shall be reduced by 10 °C for the thermocouple measurements. The thermocouples shall be mounted only on accessible surfaces of the incorporated transformers.

NOTE The thermo-couples should not be integrated in the windings.

15 Short-circuit and overload protection

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

15.101 Electronic circuits shall be so designed and applied that a fault condition within the **SMPS** will not cause electric shock, or fire hazard, and unintentional operation of the appliance will not impair safety.

Compliance is checked by evaluation of the fault condition specified in Annex H of Part 1.

16 Mechanical strength

This clause of Part 1 is applicable.

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

This clause of Part 1 is applicable.

18 Insulation resistance, dielectric strength and leakage current

This clause of Part 1 is applicable, except as follows.

18.3 Addition of a new box 5 for Table 8a:

Table 8a – Table of dielectric strength test voltages

Application of dielectric strength test voltage	Working voltage V				
	<50	150	300	600	1 000
5) Over functional insulation for windings intended to be connected in series or parallel	Working voltage + 500 V				

Replacement of the text in footnote a of Table 8a:

^a For construction according to 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.

18.4 does not apply.

Addition:

The term **transformer** shall be replaced by **SMPS** where applicable.

18.101 SMPS shall fulfil the impulse test according to Table F.5 of IEC 60664-1 with 1,2/50 µs as follows:

After the test of 18.3, the **SMPS** shall be connected to the impulse test equipment. The impulse test shall be carried out with 10 impulses of each polarity between the input and output terminals of the **SMPS**. The interval between the impulses shall be at least 1 s if the impulses are produced inside the **SMPS**.

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.

18.102 A partial discharge test according to IEC 60664-1, (test description see below) shall be performed, if **FIW** wires are used and if the recurring peak working voltage U_t across the insulation is greater than 750 V. The relevant recurring peak voltage is the maximum measured voltage between the input and the output circuit of the **SMPS**, if the secondary side is earthed. The measuring shall be done at 1,0 of the maximum rated input voltage.

A partial discharge test shall be done at the transformer for the SMPS with the measured recurring peak voltage U_t , greater than 750 V peak.

U_t is the maximum peak working voltage;

t_1 is 5 s;

t_2 is 15 s.

Partial discharge shall be less than or equal to 10 pC at time t_2 .

The test shall be done according to the following Figure 104.

For other applications higher values may be required (e.g. IEC 61800-5-1).

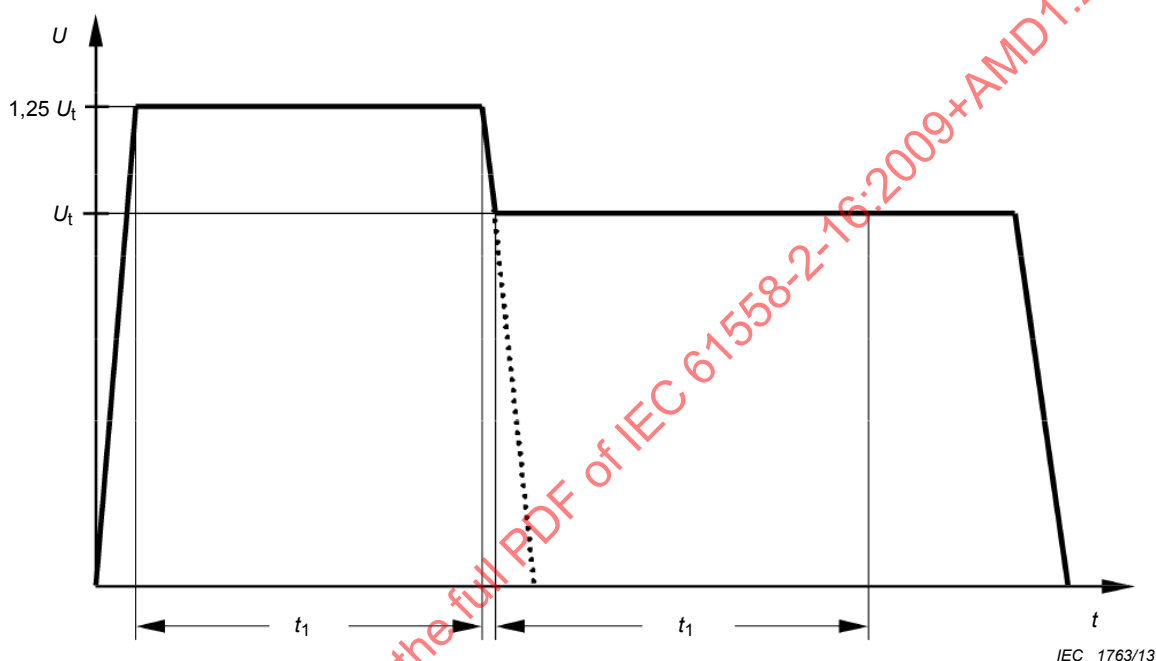


Figure 104 – Test voltages

19 Construction

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

19.1 Replacement:

19.1.1 SMPS incorporating auto-transformers

19.1.1.1 Plug connected **auto-transformers** where the **rated input voltage** is higher than the **rated output voltage**, shall not have any potential to earth at the output socket higher than the **rated output voltage**.

This requirement shall be fulfilled by using one of the following methods:

19.1.1.2 Polarized input and output plug and socket-outlet system

In this case, an instruction shall be given for not using such a transformer with a non-polarised plug and socket-outlet system.

19.1.1.3 Polarity detecting device (for non polarised input and output plug and socket-outlet system)

A polarity detecting device shall only energise the output circuit when the potential to earth at the poles of the output socket does not exceed the **rated output voltage**. The contact separation of the breaking device shall be at least of 3 mm in each pole.

NOTE A magnetic relay is an example of polarity detecting device.

Compliance is checked by the following test:

*The **auto-transformer** is connected to the mains at 1,06 times the **rated input voltage** under the most unfavourable condition of load and output voltage. The test is repeated with the polarity of the input reversed. During the test, the measured potential to earth of each pole shall not exceed the maximum **output voltage** under load (1,06 times the **rated output voltage** taking into account the permissible deviations of Clause 11).*

Compliance is checked by measurement.

If the polarity detecting device uses a current flowing to the earth for the detection, this current shall not exceed 0,75 mA and shall only be flowing for the period of measurement until the polarity is reversed.

Compliance is checked by measurement.

All the tests are repeated under the fault conditions of H.2.3 of Annex H of Part 1. In this case, the potential to earth of each pole shall not exceed 1,06 times the maximum output voltage under load for more than 5 s.

Compliance is checked by measurement.

19.1.2 SMPS incorporating separating transformers

19.1.2.1 The **input** and **output circuits** shall be electrically separated from each other, and the construction shall be such that there is no possibility of any connection between these circuits, either directly or indirectly, via other **conductive parts**, except by deliberate action.

Compliance is checked by inspection and measurements, taking Clauses 18 and 26 into consideration.

19.1.2.2 The insulation between the **input** and **output winding(s)** shall consist of at least **basic insulation**.

In addition, the following requirements apply:

- for **class I SMPS**, the insulation between the **input windings** and the **body**, and between the **output windings** and the **body** shall consist of at least **basic insulation** (both **basic insulations** rated for the **working voltage**);
- for **class II SMPS**, the insulation between the **input windings** and the **body**, and between the **output windings** and the **body** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (both **double** or **reinforced insulations** rated for the **working voltage**).

19.1.2.3 For **SMPS** with intermediate **conductive parts** (e.g., the iron core) or a resonant circuit, not connected to the **body** and located between the **input** and **output windings**, the insulation between the intermediate **conductive parts** (or a resonant circuit) and the **input windings** or between the intermediate **conductive parts** (or a resonant circuit) and the **output windings** shall consist of at least **basic insulation**.

NOTE An intermediate **conductive part** (or a resonant circuit), not separated from the **input** or **output windings** or the **body** by at least **basic insulation**, is considered to be connected to the relevant part(s).

In addition, the following requirements apply:

- for **class I SMPS**, the insulation between the **input** and **output windings** via the intermediate conductive parts (or a resonant circuit) shall consist of at least **basic insulation** (rated for the **working voltage**);
- for **class II SMPS**, the insulation between the **input windings** and the **body**, and between the **output windings** and the **body**, via the intermediate conductive parts (or a resonant circuit) shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **input** and **output voltage**).

19.1.2.4 Parts of **output circuits** may be connected to protective earth.

19.1.2.5 There shall be no direct connection between the **output circuits** and the **body**, **unless** – for **associated transformers** - allowed by the relevant equipment standard, or 19.8 of Part 1 is fulfilled. However, capacitors according to 19.8 are allowed.

Compliance is checked by inspection.

19.1.3 SMPS incorporating isolating transformers and safety isolating transformers

19.1.3.1 The **input** and **output circuits** shall be electrically separated from each other, and the construction shall be such that there is no possibility of any connection between these circuits, either directly or indirectly, via other **conductive parts**, except by deliberate action.

Compliance is checked by inspection and measurements taking Clauses 18, 19, and 26 into consideration.

19.1.3.2 The insulation between **input** and **output winding(s)** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **working voltage**), unless the requirements in 19.1.3.4 are complied with:

In addition, the following applies:

- for **class I transformers** not intended for connection to the mains supply by means of a plug, the insulation between the **input windings** and the **body** connected to earth shall consist of at least **basic insulation** rated for the **input voltage**. The insulation between the **output windings** and the **body** connected to earth, shall consist of at least **basic insulation** (rated for the **output voltage**);
- for **class I transformers** intended for connection to the mains supply by means of a plug, the insulation between the **input windings** and the **body** shall consist of at least **basic insulation**, and the insulation between the **output windings** and the **body** shall consist of at least **supplementary insulation** (both **basic** and **supplementary insulations** rated for the **working voltage**);
- for **class II transformers**, the insulation between the **input windings** and the **body** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **input voltage**). The insulation between the **output windings** and the **body** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **output voltage**).

19.1.3.3 For **transformers** with intermediate **conductive parts** (e.g. the iron core) not connected to the **body** and located between the **input** and **output windings**, the following requirements are applicable:

19.1.3.3.1 for **class I and class II transformers**, the insulation between the **input** and **output windings** via the intermediate **conductive parts** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **working voltage**);

- for **class II transformers**, the insulation between the **input windings** and the **body**, and between the **output windings** and the **body** via the intermediate **conductive parts** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **input** and **output voltage**), for SELV circuits **basic insulation** only is required;
- for transformers different from independent (IP00), the insulation between the **input** and **output windings** via the intermediate **conductive parts** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **working voltage**).

19.1.3.3.2 as alternative to 19.1.3.3.1 for **class I transformer** not intended to be connected by means of a plug and for **transformer** different from **independent** (IP00), if the construction assure that all laminated plates of the iron core are connected to earth (e.g by soldering / welding) and if the in data sheet or instruction sheet clearly state that the safety of the **transformer** depends on the earth connection and that is not possible to use in **class II** equipment, than the following apply: the insulation between the **input windings** and the intermediate **conductive part** connected to earth, and between the **output windings** and the intermediate **conductive part** connected to earth, shall consist of at least **basic insulation** (rated for the **input** and **output voltage**);

19.1.3.3.3 in addition to 19.1.3.3.1 and 19.1.3.3.2, the insulation between the intermediate **conductive parts** and the **input windings**, and between the intermediate **conductive parts** and the **output windings** shall consist of at least **basic insulation** (rated for the **input** and **output voltage**). An intermediate **conductive part** not separated from the **input** or **output windings** or the **body** by at least **basic insulation** is considered to be connected to the relevant part(s).

NOTE An intermediate metal part which is isolated from one of the windings by double or reinforced insulation is considered as being connected to the other winding.

19.1.3.4 For **class I transformers**, not intended for connection to the mains supply by means of a plug, the insulation between the **input** and **output windings** may consist of **basic insulation** plus **protective screen** instead of **double** or **reinforced insulation** provided the following conditions are complied with:

- the insulation between the **input winding** and the **protective screen** shall comply with requirements for **basic insulation** (rated for the **input voltage**);
- the insulation between the **output winding** and the **protective screen** shall comply with requirements for **basic insulation** (rated for the **output voltage**);
- the **protective screen** shall, unless otherwise specified, consist of a metal foil or of a wire wound screen extending at least the full width of one of the **input winding** and shall have no gaps or holes;
- where the protective screen does not cover the entire width of the **input winding**, additional adhesive tapes or equivalent insulation shall be used to ensure **double insulation** in that area;
- if the protective screen is made of a foil, the turns shall be insulated from each other. In case of only one turn, it shall have an isolated overlap of at least 3 mm;
- the wire of a wire wound screen and the lead-out wire of the **protective screen** shall have a cross-sectional area at least corresponding to the **rated current** of the overload protective device to ensure that, if a breakdown of **insulation** should occur, the overload protective device opens the circuit before the lead-out wire is destroyed in the event of the breakdown of the **insulation system**;
- the lead-out wire shall be soldered to the **protective screen** or fixed in an equally reliable manner.

For **transformers** for connection to the mains by the means of a plug of any type (incorporating or not), the alternative with **basic insulation** plus **protective screening** is not allowed.

NOTE For the purpose of this subclause, the term “winding” does not include **internal circuits**.

Examples of construction of windings are given in Annex M of Part 1.

19.1.3.5 There shall be no connection between the **output circuits** and the protective earth, unless this is allowed for **associated transformers** by the relevant equipment standard, or when 19.8 of Part 1 is fulfilled.

19.1.3.6 There shall be no direct connection between the **output circuits** and the **body**, unless this is allowed for **associated transformers** by the relevant equipment standard, or when 19.8 of Part 1 is fulfilled.

Compliance is checked by inspection.

19.1.3.7 For **SMPS incorporating isolating transformers and safety isolating transformers**, the **input** and **output terminals** for the connection of external wiring shall be so located that the distance measured at the point of introduction of the conductors, into these terminals, is not less than 25 mm. If a barrier is used to obtain the distance, the measurement shall be made over and around the barrier which shall be of insulating material and permanently fixed to the transformer.

Compliance is checked by inspection and by measurement disregarding intermediate conductive parts.

19.1.3.8 **Portable transformers** having a **rated output** not exceeding 630 VA shall be class II.

19.1.3.9 There shall be no connection between the **output circuits** and the **body**, unless – for **associated transformers** – allowed by the relevant equipment standard.

19.1.3.10 For **transformers** for connection to the mains by mains of a plug of many type (incorporated or not), the alternative with **basic insulation** plus **protective screening** is not allowed.

19.12.3 Replacement:

Insulated winding wires, in an insulation system providing **basic, supplementary or reinforced insulation**, shall meet the following requirements.

Wire that has multi-layer extruded or spirally wrapped insulation (where only the finished wire can be tested) and passes the tests of Annex K.

The minimum number of constructional layers applied to the conductor shall be as follows:

- BASIC INSULATION: two wrapped layers or one extruded layer;
- SUPPLEMENTARY INSULATION: two layers, wrapped or extruded;
- REINFORCED INSULATION: three layers wrapped or extruded.

For spirally wrapped insulation where the CREEPAGE DISTANCES between layers, as wrapped, are less than those given in Clause 26. for pollution degree 1, the path between layers shall be sealed as for a cemented joint in 26.2.3, Test A and the test voltages of the TYPE TESTS in Clause K.2 are increased to 1,35 times their normal values.

NOTE 1 One layer of material wound with more than 50 % overlap is considered to constitute two layers.

The finished component shall pass ROUTINE TEST for electric strength using the appropriate value of test voltages in 18.3.

Compliance is checked by inspection and measurement and, if applicable, as specified in Annex K.

a) Where the insulation on the winding wire is used to provide **basic- or supplementary 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 two layers for **supplementary insulation**;
- the insulation of one **insulated winding wire** shall consist of at least one layer for **basic insulation**;
- an insulation for mechanical separation which fulfil the electric strength test for **basic insulation** shall be provided between the **insulated wires** and the enamelled wires.

NOTE 2 If for basic or supplementary insulation a triple insulated wire is used in combination with enamelled wire, an additional interleaved insulation (mechanical separation) is not required.

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.

Where the insulated winding wire is wound:

- upon metal or ferrite cores or
- upon enamelled wire or;
- under enamelled wire;

an insulation for mechanical separation which fulfil the electric strength test for **basic insulation** shall be provided between the insulated wires and the core or between the insulated wires and the enamelled wires. The both windings shall not touch each other and both wires shall not touch the core.

NOTE 3 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 Clause 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 of Part 1 and no values are required of 26.106.

Compliance is checked by inspection of the part and the declaration of the wire manufacturer

19.12.101 The transformer which use fully insulated winding wires (**FIW**), shall only be used up and including insulation class F.

19.12.102 Fully insulated winding wires (**FIW**) shall comply with IEC 60851-5:2008, IEC 60317-0-7 and IEC 60317-56. If the wire has other nominal diameter than in Table 111 defined, so the minimum high voltage strength value can be calculated according to formula below Table 111:

- **FIW** wires used for basic or supplementary isolation for transformers according to 19.1.2:
 - the test voltage required in Table 8a for basic/supplementary insulation according to the working voltage of the transformer, shall comply with the minimum voltage strength of basic insulation for the **FIW**-wire according to Table 111;
 - between an basic insulated **FIW** wire and an enamelled wire an insulation for mechanical separation shall be used. The both windings shall not touch each other. The insulation for mechanical separation shall fulfil the high voltage test of basic insulation. Creepage distances and clearances to the **FIW** wire are not required.
- **FIW** wires used for double or reinforced insulation according to 19.1.3:
 - the test voltage required in Table 8a for basic-/supplementary insulation according to the working voltage of the transformer, shall comply with the minimum voltage strength of basic insulation for the **FIW**-wires according to Table 111. For the primary and the secondary winding a basic insulated **FIW** wire shall be used;
 - between the two basic insulated **FIW** wires an insulation for mechanical separation shall be used. The both windings shall not touch each other. The insulation for mechanical separation shall fulfil the high voltage test of basic insulation. Creepage distances and clearances between the **FIW** wires are not required.
- Alternative construction with **FIW**-wires reinforced insulated:
 - the test voltage required in Table 8a for reinforced insulation according to the working voltage of the transformer, shall comply with the minimum voltage strength for the **FIW** wire according to Table 111;
 - between a reinforced insulated **FIW** wire and an enamelled wire an insulation for mechanical separation shall be used. The both windings shall not touch each other. The insulation for mechanical separation shall fulfil the high voltage test of basic insulation. Creepage distances and clearances to the **FIW** wire are not required.
- Alternative construction with **FIW** wires, basic or supplementary insulated for transformers with double or reinforced insulation according to 19.1.3:
 - the test voltage required in Table 8a for basic-/supplementary insulation according to the working voltage of the transformer, shall comply with the minimum voltage strength of basic insulation for the **FIW**-wire according to Table 111. For the primary or the secondary winding a basic insulated **FIW** wire shall be used. For the other winding enamelled wire can be used;
 - between the basic insulated **FIW** wire and the enamelled wire an supplementary insulation according to the working voltage is required. Creepage distances and clearances between the **FIW** wire and the enamelled wire are required for supplementary insulation.
- Where the **FIW** wire is wound:
 - upon metal or ferrite cores, an insulation for mechanical separation which fulfil the electric strength test for **basic insulation** shall be provided between the **FIW** wires and the core. The **FIW** wire and enamelled wire (if used) shall not touch the metal or ferrite core.

20 Components

This clause of Part 1 is applicable.

21 Internal wiring

This clause of Part 1 is applicable.

22 Supply connection and other external flexible cables or cords

This clause of Part 1 is applicable.

23 Terminals for external conductors

This clause of Part 1 is applicable.

24 Provisions for protective earthing

This clause of Part 1 is applicable.

25 Screws and connections

This clause of Part 1 is applicable.

26 Creepage distances, clearances and distances through insulation

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

Compliance is checked by the tests of H.3 of Part 1 and by the following requirements.

26.101 Creepage distances, clearances and distances through insulation as shown in Table 13, Table C.1 and Table D.1 of Part 1 are generally applicable.

26.102 In compliance with IEC 60664-4 (2005), the following requirements are applicable for frequencies above 30 kHz. In IEC 60664-4, values for **creepage distances**, clearances and solid **insulation** are required up to the frequency of 3 MHz. If frequencies above 3 MHz will be used in this standard, the tests of Clause 7 of IEC 60664-4, High-frequency testing (high frequency high voltage test and high frequency **partial discharge** test) are required.

26.103 Clearance

- a) Two determinations of the clearances are necessary for frequencies > 30 kHz (see Figure 101 which is showing the principle):
- determination based on the measured peak working voltage according Table 104 and alternative for approximately homogeneous field conditions according Table 102.
 - determination based on the measured r.m.s working voltage according Tables 13, C.1 and D.1 of IEC 61558-1.,

The minimum clearance is the greater of the two values.

b) Two determinations of the clearances are necessary for frequencies ≤ 30 kHz (see Figure 101 which is showing the principle):

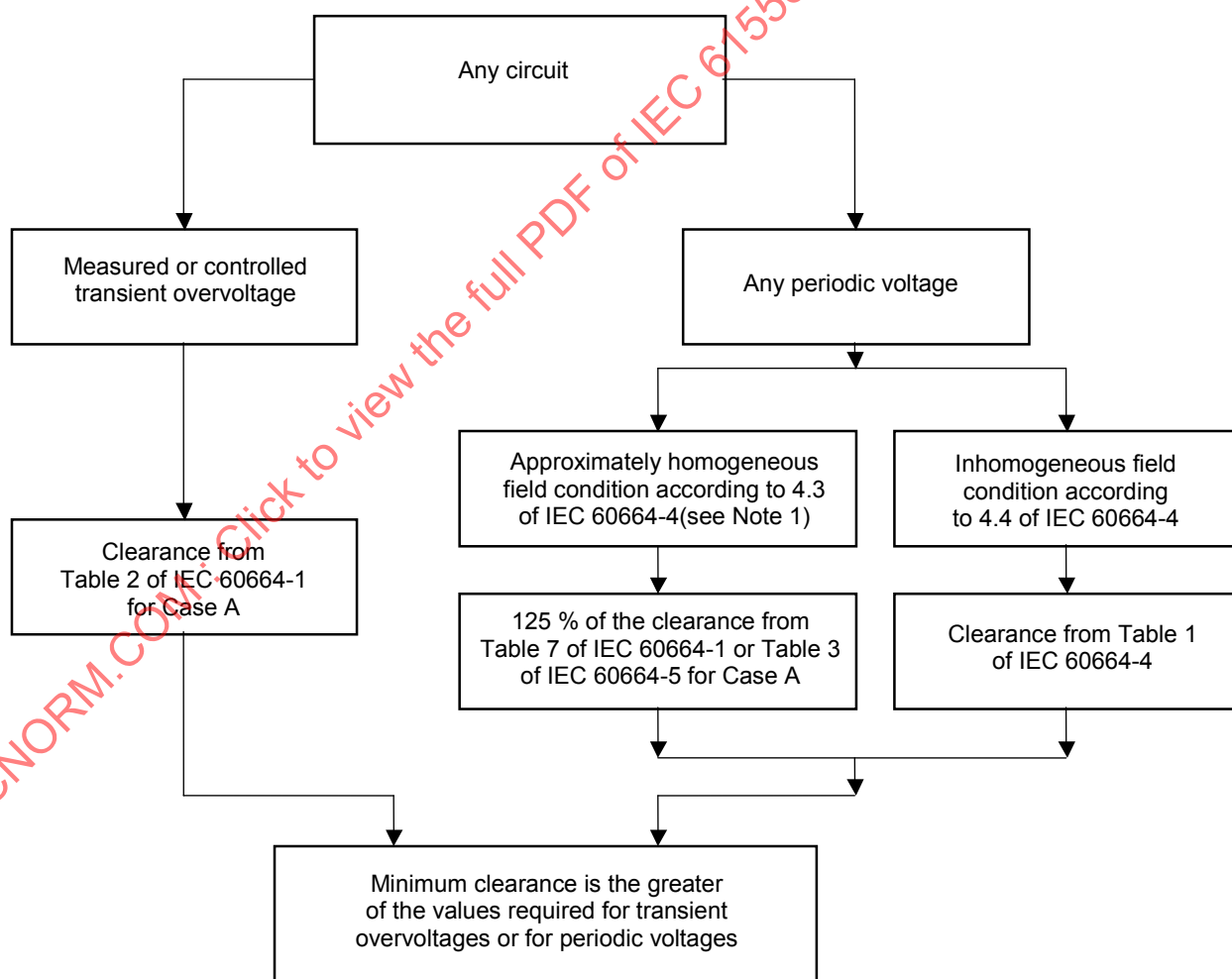
- determination based on the measured peak working voltage with recurring peak voltages, according Table 103.
- determination based on the measured r.m.s working voltage according IEC 61558-1, Tables 13, C.1 and D.1.

The minimum clearance is the greater of the two values.

Dimensioning diagram

The following diagrams show the relationships between the factors influencing the dimensioning of clearances and creepage distances for insulation coordination. The diagrams highlight the major factors and are not intended to substitute for a full review of the relevant subclauses. In particular they do not take into account the homogeneous field situation (case B values), more precise dimensioning of clearances for frequencies between f_{crit} and f_{min} and dimensioning of solid insulation in order to avoid testing with HF-voltages.

It is to be noted that the dimensioning procedures for clearances and creepage are independent. Therefore, where a clearance and a creepage distance are coincidental over the same insulating surface, the larger of the clearance or the creepage distance is to be used.



NOTE 1 For frequencies exceeding 30 kHz, an approximately homogeneous field is considered to exist when the radius of curvature of the conductive parts is equal or greater than 20 % of the clearance. The necessary radius of curvature can only be specified at the end of the dimensioning procedure.

NOTE 2 This dimensioning diagram is copied from Annex F of IEC 60664-4.

Figure 101 – Diagram for dimensioning of clearances

Table 102 – Values of clearances for frequencies > 30 kHz with approximately homogeneous field condition according to 4.3 of IEC 60664-4

Working voltage (peak value)	Clearances for the approximately homogeneous field	
	Basic insulation	Double or reinforced insulation
V	mm	mm
330	0,02	0,03
400	0,04	0,06
500	0,07	0,11
600	0,1	0,16
800	0,15	0,33
1 000	0,2	0,45
1 200	0,3	0,57
1 500	0,43	0,8
2 000	0,6	1,2
2 500	0,86	1,5
3 000	1,1	2,0
4 000	1,5	3,0
5 000	2,1	3,5
6 000	3,1	4,5
8 000	3,5	6,0
NOTE The values of Table 102 are based on Table 7a of IEC 60664-1 (125 % of the peak voltage in Table 7a). The values of double or reinforced insulation are calculated according to IEC 60664-1 with a factor of 1,6 times the peak withstand voltage.		

If the value of the clearance found in Table 102 is less than the value required in Table 13 of IEC 61558-1 (Table F.2 of IEC 60664-1), then the value of IEC 61558-1 shall be applicable.

Approximately homogeneous field is considered to exist when the radius of curvature of the conductive part is equal or greater than 20 % of the clearance.

Table 103 – Values of clearances for transient overvoltages or recurring peak voltages produced in the primary circuit of the SMPS for frequencies ≤ 30 kHz

Voltage (peak value)	Clearances for the Inhomogeneous field	
	Basic insulation	Double or reinforced insulation
V	mm	mm
330	0,01	0,04
400	0,02	0,07
500	0,04	0,13
600	0,06	0,2
800	0,13	0,5
1 000	0,26	0,87
1 200	0,42	1,18
1 500	0,76	1,7
2 000	1,27	2,7
2 500	1,8	3,8
3 000	2,4	5,4
4 000	3,8	8,5
5 000	5,7	11
6 000	7,9	14,4
8 000	11,0	20,6
NOTE The values of Table 103 are based on Table 7a of IEC 60664-1. The values of double or reinforced insulation are calculated according IEC 60664-1 with the factor 1,6 of voltage (peak withstand voltage).		

If the value of the clearance found in Table 104 is less than the value required in Table 13 of IEC 61558-1 (Table F.2 of IEC 60664-1), then the value of IEC 61558-1 is required.

Table 104 – Minimum values of clearances in air for inhomogeneous field conditions for frequency > 30 kHz

Working voltage U_{peak} (kV)	Basic- or supplementary insulation Clearance (mm)	Double or reinforced insulation Clearance (mm)
Up to 0,6	0,06	0,12
0,8	0,18	0,36
1,0	0,5	1,0
1,2	1,4	2,8
1,4	2,35	4,7
1,6	4,0	8,0
1,8	6,7	13,4
2,0	11	22,0
NOTE The values of Table 104 are based on Table 1 of IEC 60664-4 (2005), the values of double or reinforced insulation are twice the value of basic insulation in accordance with 109/58/CDV.		

Interpolation is allowed.

If the value of the clearance found in Table 104 is less than the value required in Table 13 of IEC 61558-1 (Table F.2 of IEC 60664-1), then the value of IEC 61558-1 is required.

26.104 The working voltages of Tables 102, 103 and 104 for determination of clearances are in peak values.

All peak voltages, also if μsec -peaks are to determine according Table 102 to Table 104.

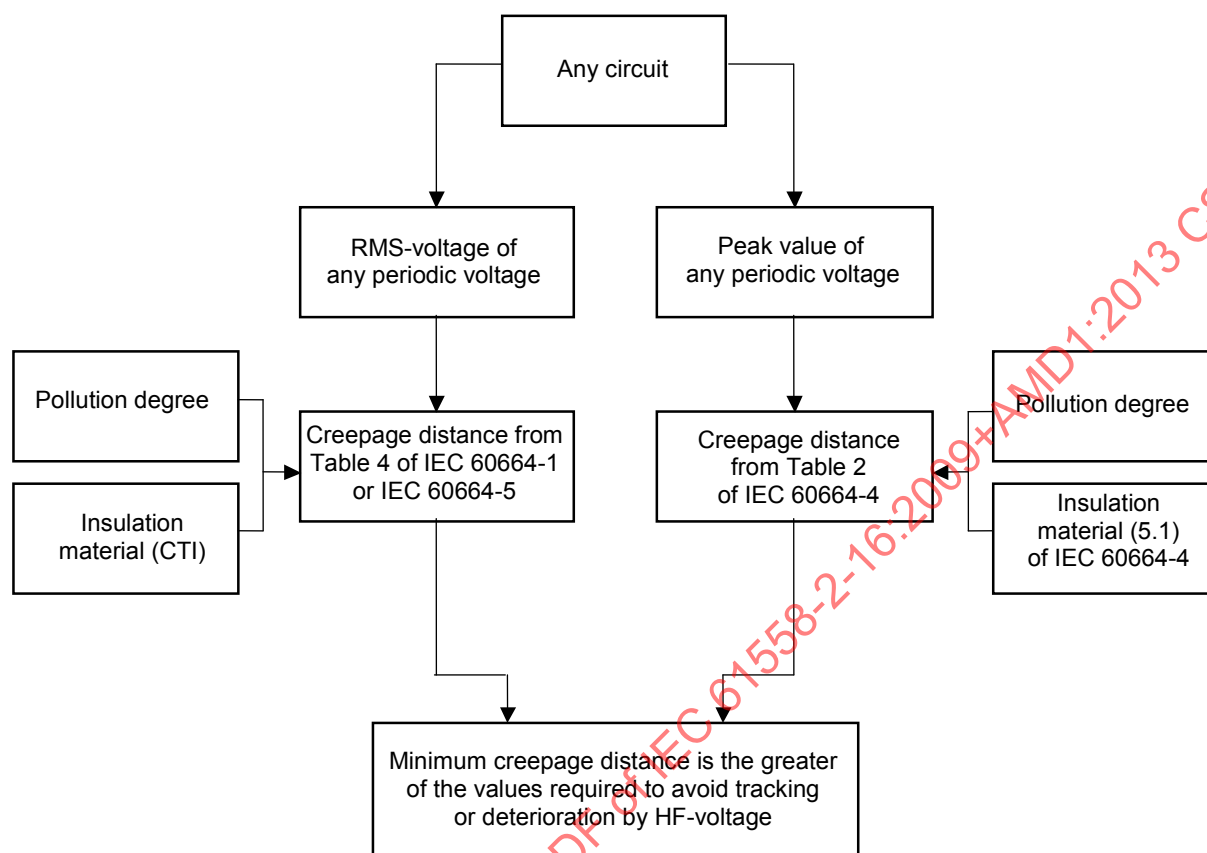
The measured r.m.s. voltages are to determine according to Table 13 of IEC 61558-1 (Table F.2 of IEC 60664-1). If the construction fulfils the requirements of 4.3 of IEC 60664-4 for approximately homogeneous field conditions, the values of Table 102 shall be applicable (125 % of the values of Table 7 of IEC 60664-1).

26.105 Creepage distances

Two determinations of the creepage distances are necessary (see Figure 102 which is showing the principle):

- determination based on the measured peak working voltage according Tables 105 to 110;
- determination based on the measured r.m.s working voltage according Tables 13, C.1 and D.1 of IEC 61558-1,.

The values in Tables 105 to 110 do not take into account the effects of tracking phenomena for frequencies above 30 kHz. All peaks are included in the peak values of the working voltage. Therefore, if the values for frequencies above 30 kHz in Tables 105 to 110 of this standard are lower than the relevant values in Tables 13, C.1 or D.1 of IEC 61558-1, the higher values shall be applicable.



IEC 1386/05

NOTE This dimensioning diagram is copied from IEC 60664-4, Annex F.

Figure 102 – Diagram of dimensioning creepage distances

Table 105 – Basic or supplementary insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 1)

Working-voltage	Creepage distance (mm)												
	30 kHz<f<100 kHz	f<150 kHz	f<200 kHz	f<300 kHz	f<400 kHz	f<500 kHz	f<600 kHz	f<700 kHz	f<800 kHz	f<900 kHz	f<1 MHz	f<2 MHz	f<3 MHz
U _{peak} /kV ^a													
0,1	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30
0,2	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	2,80
0,3	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,80	20,00
0,4	0,13	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,24	0,30	0,35	4,50	-
0,5	0,18	0,19	0,19	0,22	0,25	0,30	0,35	0,40	0,77	1,13	1,50	20,00	-
0,6	0,27	0,27	0,27	0,34	0,40	0,55	0,70	0,85	2,23	3,62	5,00	-	-
0,7	0,36	0,37	0,38	0,53	0,68	1,09	1,49	1,90	7,93	13,97	20,00	-	-
0,8	0,45	0,50	0,55	0,83	1,10	2,00	2,90	3,80	-	-	-	-	-
0,9	0,53	0,67	0,82	1,36	1,90	4,17	6,43	8,70	-	-	-	-	-
1	0,60	0,88	1,15	2,08	3,00	8,00	13,00	18,00	-	-	-	-	-
1,1	0,68	1,19	1,70	3,35	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	0,85	1,63	2,40	5,30	8,20	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	1,20	2,35	3,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	1,65	3,33	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	2,30	4,80	7,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	3,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	4,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	6,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is lower than the value of the clearance, the value of the clearance shall be applicable for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks. See 26.105. A measurement based on r.m.s. values shall also be made. See 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

**Table 106 – Basic or supplementary insulation –
Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 2)**

Working-voltage	Creepage distance (mm)												
$U_{peak}(kV)^a$	30 kHz< f <100 kHz	f <150 kHz	f <200 kHz	f <300 kHz	f <400 kHz	f <500 kHz	f <600 kHz	f <700 kHz	f <800 kHz	f <900 kHz	f <1 MHz	f <2 MHz	f <3 MHz
0,1	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36
0,2	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18	3,36
0,3	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,96	24,00
0,4	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23	0,29	0,36	0,42	5,40	-
0,5	0,22	0,22	0,23	0,26	0,30	0,36	0,42	0,48	0,92	1,36	1,80	24,00	-
0,6	0,32	0,32	0,32	0,40	0,48	0,66	0,84	1,02	2,68	4,34	6,00	-	-
0,7	0,43	0,44	0,46	0,64	0,82	1,30	1,79	2,28	9,52	16,76	24,00	-	-
0,8	0,54	0,60	0,66	0,99	1,32	2,40	3,48	4,56	-	-	-	-	-
0,9	0,63	0,81	0,98	1,63	2,28	5,00	7,72	10,44	-	-	-	-	-
1	0,72	1,05	1,38	2,49	3,60	9,60	15,60	21,60	-	-	-	-	-
1,1	0,82	1,43	2,04	4,02	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	1,02	1,95	2,88	6,36	9,84	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	1,44	2,82	4,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	1,98	3,99	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	2,76	5,76	8,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	3,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	5,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	7,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is shorter than the value of the clearance, the value of the clearance is required for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks, see 26.105. A determination based on r.m.s. values is also required, see 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

**Table 107 – Basic or supplementary insulation –
Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 3)**

Working-voltage	Creepage distance (mm)												
$U_{peak}(kV)^a$	30 kHz< f <100 kHz	f <150 kHz	f <200 kHz	f <300 kHz	f <400 kHz	f <500 kHz	f <600 kHz	f <700 kHz	f <800 kHz	f <900 kHz	f <1 MHz	f <2 MHz	f <3 MHz
0,1	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42
0,2	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,21	3,92
0,3	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	1,12	28,00
0,4	0,18	0,18	0,18	0,20	0,21	0,23	0,25	0,27	0,34	0,42	0,49	6,30	-
0,5	0,26	0,26	0,27	0,31	0,35	0,42	0,49	0,56	1,07	1,59	2,10	28,00	-
0,6	0,37	0,38	0,38	0,47	0,56	0,77	0,98	1,19	3,13	5,06	7,00	-	-
0,7	0,50	0,52	0,53	0,74	0,95	1,52	2,09	2,66	11,11	19,55	28,00	-	-
0,8	0,63	0,70	0,77	1,16	1,54	2,80	4,06	5,32	-	-	-	-	-
0,9	0,74	0,94	1,15	1,90	2,66	5,83	9,01	12,18	-	-	-	-	-
1	0,84	1,23	1,61	2,91	4,20	11,20	18,20	25,20	-	-	-	-	-
1,1	0,96	1,67	2,38	4,69	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	1,19	2,28	3,36	7,42	11,48	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	1,68	3,29	4,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	2,31	4,66	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	3,22	6,72	10,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	4,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	6,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	8,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is shorter than the value of the clearance, the value of the clearance is required for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks, see 26.105. A determination based on r.m.s. values is also required, see 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

**Table 108 – Double or reinforced insulation –
Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 1)**

Working-voltage	Creepage distance (mm)												
$U_{peak}(kV)^a$	30 kHz< f <100 kHz	f <150 kHz	f <200 kHz	f <300 kHz	f <400 kHz	f <500 kHz	f <600 kHz	f <700 kHz	f <800 kHz	f <900 kHz	f <1 MHz	f <2 MHz	f <3 MHz
0,1	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60
0,2	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	5,60
0,3	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,60	40,00
0,4	0,25	0,26	0,26	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38	0,49	0,59	0,70	9,00	-
0,5	0,37	0,37	0,38	0,44	0,50	0,60	0,70	0,80	1,53	2,27	3,00	40,00	-
0,6	0,53	0,54	0,54	0,67	0,80	1,10	1,40	1,70	4,47	7,23	10,00	-	-
0,7	0,72	0,74	0,76	1,06	1,36	2,17	2,99	3,80	15,87	27,93	40,00	-	-
0,8	0,90	1,00	1,10	1,65	2,20	4,00	5,80	7,60	-	-	-	-	-
0,9	1,05	1,35	1,64	2,72	3,80	8,33	12,87	17,40	-	-	-	-	-
1	1,20	1,75	2,30	4,15	6,00	16,00	26,00	36,00	-	-	-	-	-
1,1	1,37	2,38	3,40	6,70	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	1,70	3,25	4,80	10,60	16,40	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	2,40	4,70	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	3,30	6,65	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	4,60	9,60	14,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	6,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	8,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	12,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is shorter than the value of the clearance, the value of the clearance is required for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks, see 26.105. A determination based on r.m.s. values is also required, see 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

**Table 109 – Double or reinforced insulation –
Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 2)**

Working-voltage	Creepage distance (mm)												
$U_{peak}(kV)^a$	30 kHz< f <100 kHz	f <150 kHz	f <200 kHz	f <300 kHz	f <400 kHz	f <500 kHz	f <600 kHz	f <700 kHz	f <800 kHz	f <900 kHz	f <1 MHz	f <2 MHz	f <3 MHz
0,1	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,72
0,2	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	6,72
0,3	0,20	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	1,92	48,00
0,4	0,30	0,31	0,31	0,34	0,36	0,39	0,42	0,46	0,58	0,71	0,84	10,80	-
0,5	0,44	0,45	0,46	0,53	0,60	0,72	0,84	0,96	1,84	2,72	3,60	48,00	-
0,6	0,64	0,64	0,65	0,80	0,96	1,32	1,68	2,04	5,36	8,68	12,00	-	-
0,7	0,86	0,89	0,91	1,27	1,63	2,61	3,58	4,56	19,04	33,52	48,00	-	-
0,8	1,08	1,20	1,32	1,98	2,64	4,80	6,96	9,12	-	-	-	-	-
0,9	1,26	1,61	1,97	3,26	4,56	10,00	15,44	20,88	-	-	-	-	-
1	1,44	2,10	2,76	4,98	7,20	19,20	31,20	43,20	-	-	-	-	-
1,1	1,64	2,86	4,08	8,04	12,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	2,04	3,90	5,76	12,72	19,68	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	2,88	5,64	8,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	3,96	7,98	12,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	5,52	11,52	17,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	7,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	10,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	14,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is shorter than the value of the clearance, the value of the clearance is required for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks, see 26.105. A determination based on r.m.s. values is also required, see 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

**Table 110 – Double or reinforced insulation –
Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 3)**

Working-voltage	Creepage distance (mm)												
$U_{peak}(kV)^a$	30 kHz< f <100 kHz	f <150 kHz	f <200 kHz	f <300 kHz	f <400 kHz	f <500 kHz	f <600 kHz	f <700 kHz	f <800 kHz	f <900 kHz	f <1 MHz	f <2 MHz	f <3 MHz
0,1	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84
0,2	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42	7,84
0,3	0,23	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	2,24	56,00
0,4	0,35	0,36	0,36	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53	0,68	0,83	0,98	12,60	-
0,5	0,51	0,52	0,53	0,62	0,70	0,84	0,98	1,12	2,15	3,17	4,20	56,00	-
0,6	0,75	0,75	0,76	0,94	1,12	1,54	1,96	2,38	6,25	10,13	14,00	-	-
0,7	1,00	1,03	1,06	1,48	1,90	3,04	4,18	5,32	22,21	39,11	56,00	-	-
0,8	1,26	1,40	1,54	2,31	3,08	5,60	8,12	10,64	-	-	-	-	-
0,9	1,47	1,88	2,30	3,81	5,32	11,67	18,01	24,36	-	-	-	-	-
1	1,68	2,45	3,22	5,81	8,40	22,40	36,40	50,40	-	-	-	-	-
1,1	1,91	3,34	4,76	9,38	14,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	2,38	4,55	6,72	14,84	22,96	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	3,36	6,58	9,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	4,62	9,31	14,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	6,44	13,44	20,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	8,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	12,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	17,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is shorter than the value of the clearance, the value of the clearance is required for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks, see 26.105. A determination based on r.m.s. values is also required, see 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

26.106 Distance through insulation

Instead of a Partial Discharge Test (PD-Test) with high-frequency voltage, testing the distance through insulation can be checked by calculate the electric field and insuring that it is below the following limits. This method can only be used if the following conditions are complied with:

- the maximum frequency is less than 10 MHz;
- the field strength is approximately uniform and not exceeding the values specified in Figure 103 and;
- no voids or gaps are present in between the solid insulation.

NOTE 1 The following text of this subclause and diagram is taken from 6.3 of IEC 60664-4 (2005).

For thick layers of solid insulation of $d_1 \geq 0,75$ mm, the peak value of the field strength E shall be equal or less than the limit 2 kV/mm.

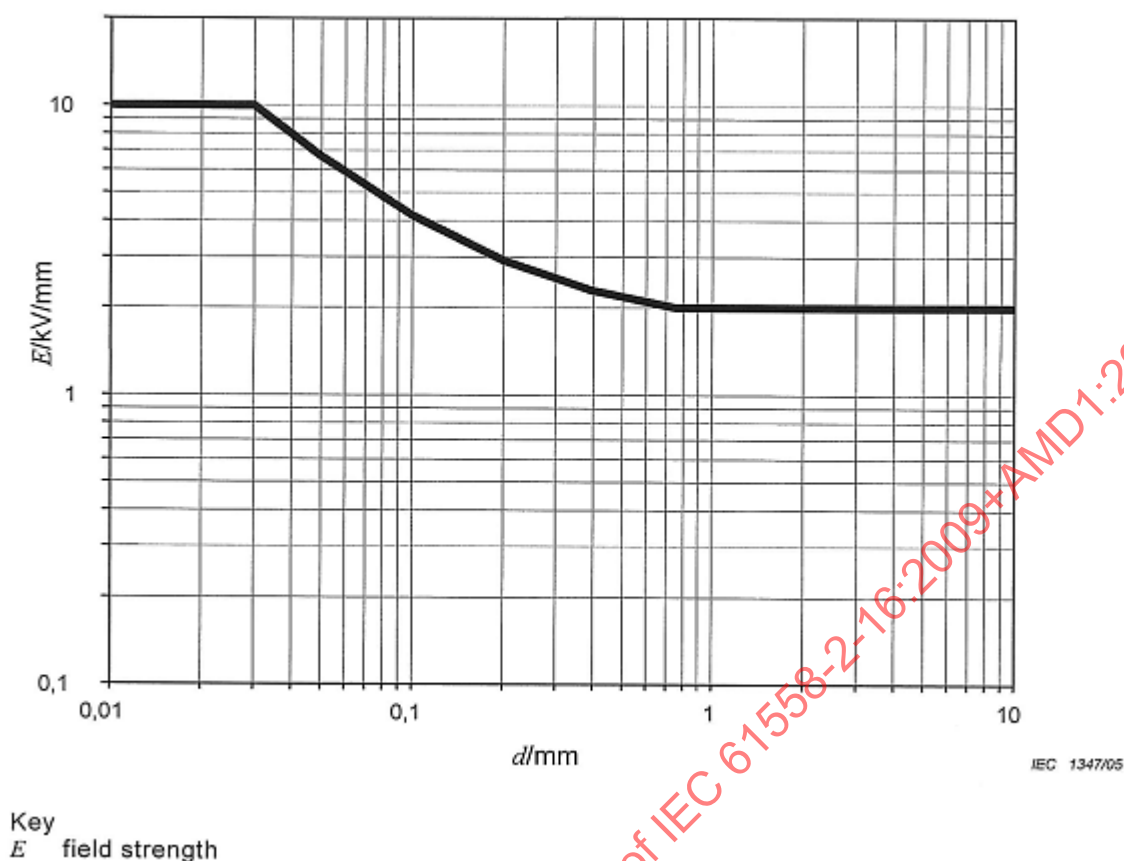
For thin layers of solid insulation of $d_2 \leq 30$ μm , the peak value of the field strength shall be equal or less than the limit 10 kV/mm.

For $d_1 > d > d_2$, the following equation shall be used for calculation of the peak value of the field strength according to the thickness d (see also Figure 103). The calculated field strength E shall be equal or less than the limit given by the following equation.

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

where d is the distance through insulation

NOTE 2 In this context, the electric field is considered to be approximately uniform if the deviations are less than ± 20 % from the average value of the field strength.



The use of the field strength for dimensioning of solid insulation requires an approximately uniform field distribution with no voids or air gaps in between. If the field strength cannot be calculated (because the field is not uniform) or if the peak value is higher than given from Equation (1) or Figure 103 respectively or if the presence of voids or air gaps cannot be excluded or for higher frequencies than 10 MHz, a withstand test or a PD-test with high frequency voltage is required. The first applies to short time stresses, the second applies to long time stresses according to 5.3.2.2 of Part 1.

Figure 103 – Permissible field strength for dimensioning of solid insulation according to Equation (1)

26.107 For **transformers** with **FIW** wires the following test is required:

To test the **FIW**-winding at the final **transformer**, three specimens shall be used.

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 Hz 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.

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.

The partial discharge test shall be done at the end of the cycling test at normal room temperature as performed in 18.101.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

Table 111 – Values of FIW wires with maximum overall diameter and minimum test voltages according to the enamel increase

Calculation of test voltage for further FIW diameters : (Overall dia - copper dia) / 2 = Insulation thickness (µm)															sheet	1
Insulation thickness (µm) acc. table 7 IEC 60317-0-7:2012		Maximum overall FIW diameter including insulation							Voltage strength for basic, supplementary or reinforced insulation at FIW design							
Nominal FIW copper diameter	value	FIW 3	FIW 4	FIW 5	FIW 6	FIW 7	FIW 8	FIW 9	FIW 3	FIW 4	FIW 5	FIW 6	FIW 7	FIW 8	FIW 9	
mm	V/µm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	V	V	V	V	V	V	V	
0,04	56	0,058	0,069	0,079	0,089	0,099	0,109		504	812	1092	1372	1652	1932		
0,045	56	0,066	0,078	0,089	0,100	0,111	0,122		588	924	1232	1540	1848	2156		
0,05	56	0,072	0,083	0,094	0,105	0,116	0,127		616	924	1232	1540	1848	2156		
0,056	56	0,081	0,092	0,104	0,116	0,128	0,140		700	1008	1344	1680	2016	2352		
0,063	56	0,090	0,102	0,115	0,128	0,141	0,154		756	1092	1456	1820	2184	2548		
0,071	56	0,098	0,110	0,123	0,136	0,149	0,162	0,175	756	1092	1456	1820	2184	2548	2912	
0,08	56	0,108	0,122	0,136	0,150	0,164	0,178	0,192	784	1176	1568	1960	2352	2744	3136	
0,09	56	0,120	0,134	0,148	0,162	0,176	0,190	0,204	840	1232	1624	2016	2408	2800	3192	
0,1	56	0,132	0,148	0,164	0,180	0,196	0,212	0,228	896	1344	1792	2240	2688	3136	3584	
0,112	53	0,147	0,164	0,181	0,198	0,215	0,232	0,249	928	1378	1829	2279	2730	3180	3631	
0,125	53	0,163	0,181	0,199	0,217	0,235	0,253	0,271	1007	1484	1961	2438	2915	3392	3869	
0,14	53	0,181	0,201	0,221	0,241	0,261	0,281	0,301	1087	1617	2147	2677	3207	3737	4267	
0,16	53	0,205	0,227	0,249	0,271	0,293	0,315	0,337	1193	1776	2359	2942	3525	4108	4691	
0,18	53	0,229	0,253	0,277	0,301	0,325	0,349	0,373	1299	1935	2571	3207	3843	4479	5115	
0,2	53	0,252	0,277	0,302	0,327	0,352	0,377	0,402	1378	2041	2703	3366	4028	4691	5353	
0,224	53	0,280	0,307	0,334	0,361	0,388	0,415	0,442	1484	2200	2915	3631	4346	5062	5777	
0,25	53	0,312	0,342	0,372	0,402	0,432	0,462	0,492	1643	2438	3233	4028	4823	5618	6413	
0,28	53	0,345	0,376	0,407	0,438	0,469	0,500	0,531	1723	2544	3366	4187	5009	5830	6652	
0,315	53	0,384	0,415	0,446	0,477	0,508	0,539	0,570	1829	2650	3472	4293	5115	5936	6758	
0,355	49	0,428	0,459	0,490	0,521	0,552	0,583	0,614	1789	2548	3308	4067	4827	5586	6346	
0,4	49	0,478	0,509	0,540	0,571	0,602	0,633		1911	2671	3430	4190	4949	5709		
0,45	49	0,533	0,564	0,595	0,626	0,657	0,688		2034	2793	3553	4312	5072			
0,5	49	0,587	0,628	0,669	0,710	0,751			2132	3136	4141	5145	6150			
0,56	37	0,653	0,694	0,735	0,776	0,817			1721	2479	3237	3996	4755			
0,63	37	0,728	0,769	0,810	0,851	0,892			1813	2572	3330	4089	4847			
0,71	37	0,814	0,855	0,896	0,937	0,978			1924	2683	3441	4200	4958			
0,8	37	0,911	0,962	1,013	1,064				2054	2997	3941	4884				
0,9	37	1,018	1,069	1,120	1,171				2183	3127	4070	5014				
1	37	1,124	1,175	1,226	1,277				2294	3238	4181	5125				
1,12	33	1,248	1,309	1,370					2112	3119	4125					
1,25	33	1,381	1,442	1,503					2162	3168	4175					
1,4	33	1,535	1,596	1,657					2228	3234	4241					
1,6	33	1,740	1,801	1,862					2310	3317	4323					

The values of allowed voltage strength for other **FIW** dimensions than defined in Table 111 are calculated according following formula:

$$V = \frac{d_a - d_{cu}}{2} \times U \times 10^3$$

where

d_a is the maximum overall diameter in (mm);

d_{cu} is the nominal copper diameter in (mm);

U is the voltage value according to Table 7 of IEC 60317-0-7 (see column 2) in (V/ μ m);

V is the allowed voltage strength for **FIW** wire in (V).

Higher voltage values, based on the "enamel increase" of Table 7 of IEC 60317-0-7:2012, are under consideration.

27 Resistance to heat, fire and tracking

This clause of Part 1 is applicable, except as follows.

27.2 does not apply.

28 Resistance to rusting

This clause of Part 1 is applicable.

Annexes

The annexes of Part 1 are applicable, except as follows:

Replacement of Annex K:

Annex K (normative)

Insulated winding wires

K.1 General

This annex specifies the winding wires of the insulation that may be used to provide **basic insulation, supplementary insulation, double insulation or reinforced insulation** in wound components. For details of the construction, see 19.12.3.

This annex applies to solid circular winding wires and stranded winding wires having diameters between 0,05 mm and 5,0 mm and solid square and solid rectangular (flatwise bending) winding wires with equivalent cross-sectional areas (0,002 to 19,6 mm²).

If the wire is insulated with two or more spirally wrapped layers of tape, the overlap of layers shall be adequate to ensure continued overlap during manufacture of the wound component. The layers of spirally wrapped wire insulation shall be sufficiently secured to maintain the amount of overlap.

K.2 Type tests

K.2.1 General

The winding wire shall pass the following type tests, carried out at a temperature between 15 °C and 35 °C and a relative humidity between 25 % and 75 %, unless otherwise specified.

K.2.2 Electric strength

K.2.2.1 Solid circular winding wires and stranded winding wires

The test sample is prepared according to 4.4.1 of IEC 60851-5:2008 (twisted pair). The sample is then subjected to the electric strength test of 18.3 in this standard with a test voltage standard, with a minimum of:

- 6 kV r.ms. for **reinforced insulation**, or
- 3 kV r.m.s. for **basic insulation or supplementary insulation**.

K.2.2.2 Square or rectangular wires

The test sample is prepared according to 4.7.1 of IEC 60851-5:2008 (single conductor surrounded by metal shots). The sample is then subjected to the electric strength test of 18.3 of this standard, with a minimum test voltage of:

- 5,5 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or
- 2,75 kV r.m.s. for **basic insulation or supplementary insulation**.

K.2.3 Flexibility and adherence

5.1 (in Test 8) of IEC 60851-3:2009 shall be used, using the mandrel diameters of Table K.1. The test voltage is applied between the wire and the mandrel.

The test sample is then examined in accordance with 5.1.1.4 of IEC 60851-3:2009, followed by the electric strength test of 18.3 in this standard, with minimum test voltage of:

- 5,5 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or
- 2,75 kV r.m.s. for **basic insulation or supplementary insulation**.

The test voltage is applied between the wire and the mandrel.

Table K.1 – Mandrel diameter

Nominal conductor diameter or thickness mm up to but excluding	Mandrel diameter mm
0,35	4,0 ± 0,2
0,50	6,0 ± 0,2
0,75	8,0 ± 0,2
2,50	10,0 ± 0,2
5,00	Four times the conductor diameter or thickness ^a
^a In accordance with IEC 60317-43.	

The tension to be applied to the wire during winding on the mandrel is calculated from the wire diameter to be equivalent to 118 MPa ± 10 % (118 N/mm² ± 10 %).

Edgewise bending on the smaller dimension side (width) is not required for rectangular wire. For mandrel winding test of the square and rectangular wire, two adjacent turns do not need to contact each other.

K.2.4 Heat shock

The test sample shall be prepared in accordance with 3.1.1 (in Test 9) of IEC 60851-6:1996, followed by the electric strength test of 18.3 in this standard, with a minimum test voltage of:

- 5,5 kV r.m.s. or for **reinforced insulation**, or
- 2,75 kV r.m.s. for **basic insulation or supplementary insulation**.

The test voltage is applied between the wire and the mandrel. The oven temperature is the relevant temperature of the thermal class of insulation in Table K.2. The mandrel diameter and tension applied to the wire during winding on the mandrel are as in Table K.1. The test voltage is applied between the wire and the mandrel.

The electric strength test is conducted at room temperature after removal from the oven.

Table K.2 – Oven temperature

Thermal class	Class 105 (A)	Class 120 (E)	Class 130 (B)	Class 155 (F)	Class 180 (H)
Oven temperature °C	200	215	225	250	275

Edgewise bending on the smaller dimension side (width) is not required for rectangular wire.

NOTE 3.1.2 in Test 9 of IEC 60851-6:1996 is not used for solid square and solid rectangular winding wires.

K.2.5 Retention of electric strength after bending

Five samples are prepared as in K.2.3 and tested as follows. Each sample is removed from the mandrel, placed in a container and positioned so that it can be surrounded by at least 5 mm of metal shot. The ends of the conductor in the sample shall be sufficiently long to avoid flash over. The shot shall be not more than 2 mm in diameter and shall consist of balls of stainless steel, nickel or nickel plated iron. The shot is gently poured into the container until the sample under test is covered by at least 5 mm of shot. The shot shall be cleaned periodically with a suitable solvent.

NOTE The above test procedure is reproduced from 4.6.1 c) of IEC 60851-5:1988 but is not included in the fourth edition (2008) of that standard.

The samples shall be subjected to the electric strength test of 18.3 in this standard, with a minimum test voltage of:

- 5,5 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or
- 2,75 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

The mandrel diameter and tension applied to the wire during winding on the mandrel are as in K.2.

K.3 Testing during manufacturing

K.3.1 General

The wire shall be subjected by the wire manufacturer to electric strength tests during manufacture as specified in K.3.2 and K.3.3.

K.3.2 Routine test

The test voltage for routine test shall be in accordance with the electric strength test of 18.3 in this standard, with a minimum of:

- 4,2 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or
- 2,1 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

K.3.3 Sampling test

K.3.3.1 Solid circular winding wires and stranded winding wires

Twisted pair samples shall be tested in accordance with 4.4.1 of IEC 60851-5:2008. The test voltage shall be in accordance with the electric strength test of 18.3 in this standard, with a minimum of:

- 6 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or
- 3 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

K.3.3.2 Square or rectangular wire

The test sample is prepared according to 4.7.1 of IEC 60851-5:2008. The sample is then subjected to the electric strength test of 18.3. The test voltage shall be in accordance with the electric strength test of 18.3 in this standard, with a minimum of:

- 5,5 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or

- 3 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

Addition:

Annex AA (informative)

Partial discharge (PD) test

A partial discharge test is under consideration intended to be used for a black box test.

Annex BB (normative)

Particular requirements for associated transformers for use in switch mode power supplies with internal frequencies > 500 Hz

BB.0 Introduction

This annex is only applicable for separate testing of associated transformers for use in switch mode power supplies with internal frequencies > 500 Hz.

The use of this annex is not necessary if the SMPS including the transformer is in accordance with this standard.

NOTE This annex replaces IEC 61558-2-17:1997.

BB.1 Scope

This clause in this part is applicable, except as follows.

Addition:

This Annex BB applies to associated power transformers for use in single-phase or polyphase air-cooled **switch mode power supplies with internal frequencies exceeding 500 Hz**:

- **separating transformers**;
- **isolating transformers**;
- **safety isolating transformers**,

having a **rated supply voltage** not exceeding 1 000 V a.c. and a **rated frequency** exceeding 500 Hz but not exceeding 100 MHz, and the **rated output** not exceeding:

- 25 kVA for single-phase transformers;
- 40 kVA for polyphase transformers.

This standard is applicable to **dry type transformers**. The windings may be encapsulated or non-encapsulated.

BB.4 General requirements

This clause of Part 1 is applicable, except as follows.

BB.4.2 Replacement:

*The transformers for **switch mode power supplies** shall comply with the relevant sections of IEC 61558-1 and of this standard, and the conditions under which they are used in the appliance or equipment shall be in accordance with their marking. However, for associated transformers for switch mode power supplies 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.*

*Consequently, such transformers for **switch mode power supplies** shall comply with the following clauses, subclauses or parts thereof.*

1 - 2 - 3 - 4 - 5.1 - 5.2 - 5.3 - 5.4 - 5.5 - 5.6 - 5.7 - 5.15 - 7.2 - 7.5 - 8.2 - 8.11 - 14.2 - 14.3 - 18.1 - 18.2 - 18.3 - 18.102 - 19.1 - 19.12 - 26.1 - 26.2 - 26.3 - 26.101 - 26.102 - 26.103 - 26.104 - 26.105 - 26.106 - 26.107 - Annexes A, C, D, E, G, K, L, M, N, P, R, W

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.

BB.6 Ratings

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

BB.6.101 The **no-load output voltage** shall not exceed:

- 1 000 V a.c.. for **separating transformers**. For a.c. the preferred values for the **rated output voltage** are: 72 V, 120 V, 230 V, 400 V, 440 V and 660 V;
- 500 V a.c.. for **isolating transformers**. For a.c. the preferred values for the **rated output voltage** are: 72 V, 120 V, 230 V, 400 V and 440 V;
- 50 V a.c. for **safety isolating transformers**, for a.c. the preferred values for the **rated output voltage** are: 6 V, 12 V, 24 V, 42 V and 48 V.

BB.6.102 The **rated output** shall not exceed:

- 1 kVA for single-phase and 5 kVA for polyphase **separating transformers**.
 - 10 kVA for single-phase and 16 kVA for polyphase **isolating transformers**.
 - 25 kVA for single-phase and 40 kVA for polyphase **safety isolating transformers**,
- except for separating, isolating, and safety isolating transformers used in switch mode power supplies that are subject to an agreement between the purchaser and the supplier.

BB.6.103 **Rated frequencies** range from 50 Hz to 100 MHz.

BB.6.104 The **rated supply voltage** shall not exceed 1 000 V a.c.

Bibliography

The bibliography of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

IEC 61800-5-1, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	50
--------------------	----

INTRODUCTION A L'AMENDEMENT	52
-----------------------------------	----

1 Domaine d'application	53
2 Références normatives	55
3 Termes et définitions	56
4 Exigences générales	57
5 Généralités sur les essais	57
6 Caractéristiques assignées	57
7 Classification	58
8 Marquage et indications	58
9 Protection contre les chocs électriques	59
10 Changement de la tension primaire d'alimentation	59
11 Tension secondaire et courant secondaire en charge	59
12 Tension secondaire à vide	60
13 Tension de court-circuit	61
14 Echauffements	61
15 Protection contre les courts-circuits et les surcharges	61
16 Résistance mécanique	61
17 Protection contre les effets nuisibles dus à la pénétration de poussière, d'objets solides et de l'humidité	61
18 Résistance d'isolement, rigidité diélectrique et courant de fuite	62
19 Construction	63
20 Composants	70
21 Conducteurs internes	70
22 Raccordement à l'alimentation et câbles souples externes	70
23 Bornes pour conducteurs externes	70
24 Dispositions en vue de la mise à la terre	70
25 Vis et connexions	70
26 Lignes de fuite, distances d'isolement et distances à travers l'isolation	70
27 Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement	87
28 Protection contre la rouille	87

Annexes	88
---------------	----

Annexe K (normative) Fils de bobinage isolés	88
--	----

Annexe AA (informative) Essai de Décharge Partielle (PD-test)	91
---	----

Annexe BB (normative) Exigences particulières pour les transformateurs associés destinés aux alimentations à découpage avec des fréquences internes > 500 Hz	91
--	----

Bibliographie	93
---------------------	----

Figure 101 – Schéma pour le dimensionnement des distances d'isolement	72
---	----

Figure 102 – Schéma de dimensionnement des lignes de fuite	76
--	----

Figure 103 – Intensité de champ admissible pour le dimensionnement de l'isolation solide d'après l'Equation (1)	84
Figure 104 – Tensions d'essai	63
Tableau 101 – Rapport des tensions secondaires	60
Tableau 102 – Valeurs des distances d'isolement pour les fréquences > 30 kHz avec des conditions de champs approximativement homogènes d'après le 4.3 de la CEI 60664-4, ...	73
Tableau 103 – Valeurs de distances d'isolement pour surtensions transitoires ou tensions crêtes récurrentes produites dans le circuit primaire des SMPS pour des fréquences ≤ 30 kHz	74
Tableau 104 – Valeurs minimales des distances d'isolement dans l'air pour des conditions de champ non homogène pour fréquence > 30 kHz	74
Tableau 105 – Isolation principale ou supplémentaire – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 1)	77
Tableau 106 – Isolation principale ou supplémentaire – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 2)	78
Tableau 107 – Isolation principale ou supplémentaire – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 3)	79
Tableau 108 – Isolation double ou renforcée – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 1)	80
Tableau 109 – Isolation double ou renforcée – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 2)	81
Tableau 110 – Isolation double ou renforcée – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 3)	82
Tableau 111 – Valeurs des fils FIW présentant un diamètre total maximal et des tensions d'essai minimales en fonction de l'augmentation de l'email	86
Tableau K.1 – Diamètre du mandrin	89
Tableau K.2 – Température du four	90

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DES TRANSFORMATEURS, BOBINES D'INDUCTANCE, BLOCS D'ALIMENTATION ET PRODUITS ANALOGUES POUR DES TENSIONS D'ALIMENTATION JUSQU'À 1 100 V –

Partie 2-16: Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage

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.

Cette version consolidée de la CEI 61558-2-16 porte le numéro d'édition 1.1. Elle comprend la première édition (2009) [documents 96/330/FDIS et 96/333/RVD] et son amendement 1 (2013) [documents 96/401/FDIS et 96/405/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions étant barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

La Norme internationale CEI 61558-2-16 a été établie par le comité d'études 96 de la CEI: Transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour basse tension jusqu'à 1 100 V.

La présente partie a le statut de publication groupée de sécurité conformément au guide CEI 104 (1997): *Elaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité.*

Cette publication a été rédigée conformément aux Directives ISO/CEI, Partie 2.

La présente partie est destinée à être utilisée avec la dernière édition de la CEI 61558-1 et ses amendements. Elle est issue de la seconde édition (2005) de cette norme. La présente partie complète ou modifie les articles correspondants de la CEI 61558-1, de façon à la transformer en norme CEI: *Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage.* Une liste de toutes les parties de la série CEI 61558 peut être trouvée sur le site internet de la CEI, sous le titre: *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V.*

Les normes futures de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors d'une prochaine édition.

Lorsqu'un paragraphe particulier de la Partie 1 n'est pas mentionné dans la présente partie, ce paragraphe s'applique dans la mesure du possible. Lorsque la présente partie spécifie «addition», «modification» ou «remplacement», le texte correspondant de la Partie 1 doit être adapté en conséquence. Dans la présente partie, 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 cette partie, les mots en **gras** sont définis à l'Article 3. Les paragraphes, notes, figures et tableaux complémentaires à ceux de la Partie 1 sont numérotés à partir de 101; les annexes complémentaires sont appelées AA, BB, etc.

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

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

NOTE L'attention des Comités Nationaux est attirée sur le fait que les fabricants d'appareils et les organismes d'essai peuvent avoir besoin d'une période transitoire après la publication d'une nouvelle publication CEI, ou d'une publication amendée ou révisée, pour fabriquer des produits conformes aux nouvelles exigences et pour adapter leurs équipements aux nouveaux essais ou aux essais révisés. Le comité recommande que le contenu de cette publication soit entériné au niveau national au plus tôt 12 mois après la date de publication.

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

INTRODUCTION A L'AMENDEMENT

Le présent amendement a été établi afin de permettre l'utilisation de fils **FIW** dans les SMPS.

Il convient que le constructeur veille à ce qu'aucun endommagement du fil **FIW** ne soit possible durant la production et le transport.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

SÉCURITÉ DES TRANSFORMATEURS, BOBINES D'INDUCTANCE, BLOCS D'ALIMENTATION ET PRODUITS ANALOGUES POUR DES TENSIONS D'ALIMENTATION JUSQU'À 1 100 V –

Partie 2-16: Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage

1 Domaine d'application

Remplacement:

La présente partie de la CEI 61558 traite de la sécurité des **blocs d'alimentation à découpage** et des **transformateurs** pour **blocs d'alimentation à découpage**. Les **transformateurs** incorporant des **circuits électroniques** sont également couverts par la présente norme.

NOTE 1 La sécurité comprend les aspects électrique, thermique et mécanique.

La présente partie s'applique:

- a) aux **blocs d'alimentation à découpage** incorporant des **transformateurs de sécurité isolants** délivrant des **TBTS, TBTP ou TBTF** en courant alternatif ou une ou des **tension(s) secondaire(s)** en courant continu ou une combinaison de celles-ci selon la CEI 61140 et la CEI 60364-4-41 pour des produits électroménagers et autres produits de consommation, excepté les produits couverts par la CEI 60065, la série 61347, la CEI 61204-7 et la CEI 60950-1;
- b) aux **blocs d'alimentation à découpage** avec une **tension secondaire** maximale ne dépassant pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 414 V en courant continu lissé pour une utilisation domestique et autres produits de consommation, sauf les produits couverts en a) et les produits couverts par la CEI 60065, la série CEI 61347, la CEI 61204-7 et CEI 60950-1;
- c) la présente norme peut servir pour les **transformateurs** lors de leur utilisation dans les **blocs d'alimentation à découpage** (voir Annexe BB).

La présente partie couvre les exigences de sécurité pour les:

- SMPS d'isolement à enroulements séparés pour usage général correspondant à la Partie 2-1;
- SMPS de séparation des circuits pour usage général correspondant à la Partie 2-4;
- SMPS de sécurité pour usage général correspondant à la Partie 2-6;
- auto-SMPS pour usage général correspondant à la Partie 2-13.

Pour les applications spécifiques des SMPS correspondant aux autres Parties 2 de la série 61558, les exigences nécessaires des Parties 2 correspondantes sont applicables. De plus, les exigences listées dans la présente partie s'appliquent. Lorsque deux exigences sont contradictoires, la plus contraignante a préséance.

NOTE 2 La **tension primaire assignée** maximale du **transformateur** interne étant 1 000 V, la **tension primaire assignée** maximale de l'**alimentation à découpage** peut être inférieure suivant le type de redressement

Les **blocs d'alimentation à découpage** couverts par la présente norme sont à refroidissement par air (naturel ou forcé) **indépendants, associés, fixes, mobiles**, monophasés, ou polyphasés, la **tension primaire assignée** ne dépassant pas 1 100 V en courant alternatif, la

fréquence d'alimentation assignée ne dépassant pas 500 Hz, la **fréquence de fonctionnement interne assignée** dépassant 500 Hz, mais ne dépassant pas 100 MHz, et la **puissance assignée** ne dépassant pas 1 kVA ou 1 kW, incorporant des **transformateurs secs** avec enroulements enrobés ou non-enrobés.

Les **transformateurs associés** pour **blocs d'alimentation à découpage** couverts par l'Annexe BB de la présente norme doivent avoir une **puissance assignée** ne dépassant pas:

- 25 kVA pour les **transformateurs** monophasés;
- 40 kVA pour les **transformateurs** polyphasés.

NOTE 3 Pour les fréquences plus élevées, des exigences supplémentaires peuvent être nécessaires. Cependant, la présente norme peut servir de guide.

La **tension secondaire à vide** ou la **tension secondaire assignée** des **blocs d'alimentation à découpage** ne doit pas dépasser:

- 1 000 V en courant alternatif ou 1 415 V en courant continu lissé lorsqu'on utilise des **transformateurs d'isolement à enroulements séparés** ou des **autotransformateurs**;
- 500 V en courant alternatif ou 708 V en courant continu lissé lorsqu'on utilise des **transformateurs de séparation des circuits**;
- 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé lorsqu'on utilise des **transformateurs de sécurité**.

La **tension secondaire à vide** ou la **tension secondaire assignée** des **blocs d'alimentation à découpage indépendants** ne doit pas être inférieure à:

- 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé lorsqu'on utilise des **transformateurs d'isolement à enroulements séparés** ou des **autotransformateurs**.

La présente norme est également applicable aux **blocs d'alimentation à découpage**, convertisseurs et onduleurs sans limitation de la **puissance assignée**. Cependant, de tels **blocs d'alimentation à découpage** sont conçus pour des applications spéciales et font l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

NOTE 4 Dans le contexte de cette norme, les convertisseurs et onduleurs sont considérés comme des **blocs d'alimentation à découpage**.

La présente norme peut aussi être utilisée comme guide pour les produits non couverts par le domaine d'application de la présente norme, le domaine d'application de la CEI 61204-7 ou le domaine d'application de la série CEI 61347.

La présente norme ne s'applique pas:

- aux ensembles moteur-générateur;
- aux alimentations ininterrompibles (UPS) suivant la CEI 62040;
- aux **blocs d'alimentation à découpage** couverts par la CEI 61204-7 (par exemple, les dispositifs d'alimentation basse tension, sortie courant continu, caractéristiques de performance) et appareil de distribution et de puissance à courant continu et les **blocs d'alimentation à découpage** pour les applications couvertes par la CEI 60950-1, CEI 61010-1, CEI 60601-1 et CEI 60065;
- appareillage de lampe couvert par la CEI 61347-1;
- aux circuits externes et leurs composants destinés à être connectés aux bornes d'entrée et aux bornes de sortie des **transformateurs**.

NOTE 5 La CEI 61204-7 sera mise à jour par le SC 22E.

NOTE 6 L'attention est attirée sur le fait que:

- pour les **transformateurs** destinés à être utilisés dans des véhicules, à bord de navires et d'avions, des exigences supplémentaires (provenant d'autres normes applicables, de règles nationales, etc) peuvent être nécessaires;
- il convient également de prendre des mesures pour protéger l'**enveloppe** et les composants à l'intérieur de l'enveloppe contre les influences externes telles que les champignons, la vermine, les termites, le rayonnement solaire, le givre;
- Il convient également de prendre en considération les différentes conditions de transport, de stockage et de fonctionnement des **transformateurs**;
- des exigences supplémentaires en conformité avec les autres normes appropriées et règles nationales peuvent être appliquées aux **transformateurs** destinés à être utilisés dans un environnement particulier, tel qu'un environnement tropical.

NOTE 7 Une augmentation de la limite supérieure des fréquences peut s'avérer nécessaire pour des besoins de développement technique futur des **transformateurs**, la présente partie peut alors être utilisée comme un guide.

A moins qu'il en soit spécifié autrement dans la suite de ce document, le terme **SMPS** couvre les **blocs d'alimentation à découpage**.

2 Références normatives

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

CEI 60227 (toutes les parties), *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V*

CEI 60317-0-7:2012, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 0-7: Exigences générales – Fil de section circulaire en cuivre émaillé sans défaut d'isolation électrique avec diamètre nominal de conducteur compris entre 0,040 mm et 1,600 mm*

CEI 60317-43, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 43: Fil de section circulaire en cuivre recouvert d'un ruban de polyimide aromatique, classe 240*

CEI 60317-56, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 56: Fil brasable de section circulaire, isolé en continu, en cuivre émaillé avec polyuréthane sans défaut d'isolation électrique, avec diamètre nominal de conducteur compris entre 0,040 mm et 1,600 mm, classe 180*

CEI 60364-4-41, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60601-1, *Appareils électromédicaux – Partie 1: Exigences générales pour la sécurité de base et les performances essentielles*

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

CEI 60851-3:2009, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 3: Propriétés mécaniques*

CEI 60851-5:2008, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 5: Propriétés électriques*

CEI 60950-1, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

CEI 61010-1, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesurage, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Prescriptions générales*

CEI 61204-7:2006, *Alimentations basse tension, sortie continue – Partie 7: Exigences de sécurité*

CEI 61347 (toutes les parties), *Appareillages de lampes*

CEI 61558-1:2005, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 1: Exigences générales et essais*

CEI 61558-2-1, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 2-1: Règles particulières et essais pour transformateurs d'isolement à enroulements séparés et alimentations incorporant des transformateurs d'isolement à enroulements séparés pour applications d'ordre général*

CEI 61558-2-4, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V – Partie 2-4: Règles particulières et essais pour les transformateurs de séparation des circuits et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de séparation des circuits*

CEI 61558-2-6, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V – Partie 2-6: Règles particulières et essais pour les transformateurs de sécurité et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de sécurité*

CEI 61558-2-13, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V – Partie 2-13: Règles particulières et essais pour les autotransformateurs et les blocs d'alimentation incorporant des autotransformateurs*

CEI 62040 (toutes les parties), *Alimentations sans interruptions (ASI)*

3 Termes et définitions

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

Le terme **transformateur** dans la Partie 1 désigne également un **SMPS** tel que défini dans la présente partie.

Dans l'Annexe BB de la présente norme, le terme **transformateur** s'applique à un transformateur pour **SMPS**.

Dans la présente norme, on utilise les termes applicables réels.

Remplacement

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. La **tension locale** entre tout point du circuit fourni par le réseau électrique et les autres parties isolées doit être:

- la tension primaire assignée, ou
- la tension locale mesurée

en prenant la plus élevée

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.

Addition :

3.101

fil de bobinage totalement isolé

FIW

fil conforme à la CEI 60317-0-7, à la CEI 60317-56 et à la CEI 60851-5:2008 présentant une construction **de fil sans défaut**

3.102

fil sans défaut

fil de bobinage qui ne présente aucune discontinuité électrique lorsqu'il est soumis aux essais dans des conditions spécifiques

3.103

grade d'un FIW

plage du diamètre total d'un fil (**FIW3 – FIW9**)

4 Exigences générales

L'article de la Partie 1 est applicable.

5 Généralités sur les essais

L'article de la Partie 1 est applicable.

6 Caractéristiques assignées

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

6.101 La **tension secondaire assignée** ne doit pas être supérieure à:

- 1 000 V en courant alternatif ou 1 415 V en courant continu lissé pour les **SMPS** incorporant des **transformateurs d'isolement à enroulements séparés** ou des **autotransformateurs**;
- 500 V en courant alternatif ou 708 V en courant continu lissé pour les **SMPS** incorporant des **transformateurs de séparation des circuits**;
- 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé pour les **SMPS** incorporant des **transformateurs de sécurité**.

Pour les **SMPS indépendants** incorporant des **transformateurs d'isolement à enroulements séparés** ou des **autotransformateurs**, la **tension secondaire assignée** doit être supérieure à 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé et ne doit pas être supérieure à 1 000 V en courant alternatif ou 1 415 V en courant continu lissé.

6.102 La **puissance assignée** du **SMPS** ne doit pas être supérieure à 1 kVA ou 1 kW.

NOTE Voir Annexe BB pour un **transformateur** incorporé dans un **SMPS**.

6.103 La **fréquence primaire assignée** ne doit pas dépasser 500 Hz.

6.104 La **fréquence de fonctionnement interne assignée** ne doit pas dépasser 100 MHz.

6.105 La **tension primaire assignée** ne doit pas être supérieure à 1 100 V en courant alternatif.

La conformité aux exigences de 6.101 à 6.105 est vérifiée par examen du marquage.

7 Classification

L'article de la Partie 1 est applicable.

8 Marquage et indications

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

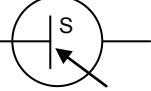
8.1 h) Remplacement:

les symboles graphiques correspondants montrés en 8.11 indiquant le type de **transformateurs** en plus du symbole pour les **SMPS**; si un **transformateur** ayant un indice IP00 ou un **transformateur associé** a plusieurs circuits conformes à différentes parties 2 dans la même construction (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. Le terme **transformateur** doit être remplacé par **SMPS**, sauf pour le marquage qui s'applique aux **transformateurs incorporés** et aux **SMPS incorporés**;

8.11 Addition:

Les symboles suivants doivent être utilisés pour indiquer le type de **transformateur(s)** qui est(sont) incorporé(s).

Symbole ou symbole graphique	Explication ou titre	Identification
 ou 	SMPS incorporant un transformateur d'isolement à enroulements séparés non dangereux en cas de défaillance	
 ou 	SMPS incorporant un transformateur d'isolement à enroulements séparés non résistant aux courts-circuits	IEC 60417-5223 (2002-10)
 ou 	SMPS incorporant un transformateur d'isolement à enroulements séparés résistant aux courts-circuits (par construction ou par dispositif incorporé)	IEC 60417-5220 (2002-10)
 ou 	SMPS incorporant un transformateur de séparation des circuits non dangereux en cas de défaillance	
 ou 	SMPS incorporant un transformateur de séparation des circuits non résistant aux courts-circuits	

 ou 	SMPS incorporant un transformateur de séparation des circuits résistant aux courts-circuits (par construction ou par dispositif incorporé)	
	SMPS incorporant un transformateur de sécurité non dangereux en cas de défaillance	
	SMPS incorporant un transformateur de sécurité non résistant aux courts-circuits	
	SMPS incorporant un transformateur de sécurité résistant aux courts-circuits (par construction ou par dispositif incorporé)	
 ou 	SMPS incorporant un autotransformateur non dangereux en cas de défaillance	
 ou 	SMPS incorporant un autotransformateur non résistant aux courts-circuits	
 ou 	SMPS incorporant un autotransformateur résistant aux courts-circuits (par construction ou par dispositif incorporé)	
	SMPS (blocs d'alimentation à découpage)	

9 Protection contre les chocs électriques

L'article de la Partie 1 est applicable.

10 Changement de la tension primaire d'alimentation

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

10.101 Une large plage (par exemple 100 V à 240 V en courant alternatif) de **tension d'alimentation** est permise si la **tension secondaire** ne dépasse pas la **tension secondaire assignée** et la **tension secondaire à vide** ne dépasse pas les limites de la variation de la tension secondaire selon le type de **transformateur** alimentant le **circuit secondaire** approprié.

11 Tension secondaire et courant secondaire en charge

L'article de la Partie 1 est applicable.

12 Tension secondaire à vide

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

La **tension secondaire à vide** est mesurée lorsque le **SMPS** est raccordé à la **tension primaire assignée** à la **fréquence d'alimentation assignée** à température ambiante.

12.101 La **tension secondaire à vide** ne doit pas dépasser

- 1 000 V en courant alternatif ou 1 415 V en courant continu lissé pour les **SMPS** incorporant des **transformateurs d'isolement à enroulements séparés** ou des **autotransformateurs**;
- 500 V en courant alternatif ou 708 V en courant continu lissé pour les **SMPS** incorporant des **transformateurs de séparation des circuits**;
- 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé pour les **SMPS** incorporant des **transformateurs de sécurité**.

Pour les **transformateurs indépendants**, la limitation de la **tension secondaire** s'applique même si les **enroulements secondaires**, non destinés à l'interconnexion, sont raccordés en série.

12.102 La différence entre la **tension secondaire à vide** et la **tension secondaire en charge** assignée ne doit pas être excessive.

*La différence entre la **tension secondaire à vide** mesurée dans le présent article et la **tension secondaire en charge** mesurée pendant l'essai de l'Article 11, exprimée en pourcentage de cette dernière tension, ne doit pas dépasser les valeurs indiquées au Tableau 101.*

NOTE 1 Le rapport est défini ainsi:
$$\frac{U_{\text{à vide}} - U_{\text{en charge}}}{U_{\text{en charge}}} \times 100 \%$$

où $U_{\text{à vide}}$ est la tension secondaire à vide et $U_{\text{en charge}}$ est la tension secondaire en charge.

Tableau 101 – Rapport des tensions secondaires

Type de transformateur Puissance assignée VA	Rapport entre la tension secondaire à vide et la tension secondaire en charge %
Jusqu'à et incluant 63	20
Supérieur à 63 jusqu'à 250 inclus	15
Supérieur à 250 jusqu'à 630 inclus	10
Supérieur à 630	5

La conformité aux exigences de 12.101 et 12.102 est vérifiée en mesurant la **tension secondaire à vide** à **température ambiante**, le **SMPS** étant raccordé à la **tension primaire assignée** à la **fréquence d'alimentation assignée**.

La différence ne doit pas dépasser les valeurs du Tableau 101.

NOTE 2 Les valeurs du Tableau 101 sont basées sur les valeurs de la Partie 2-4 et sont également applicables aux **SMPS** selon les Parties 2-1, 2-6 et 2-13.

12.103 Sauf avis contraire du fabricant, le **SMPS** avec une valeur de fréquence élevée au secondaire doit être soumis à un essai avec 20 cm à 200 cm de longueur de fil connecté aux **bornes secondaires** dans les conditions les plus défavorables. Deux fils torsadés ou câbles de calibre 60227 CEI 53 peuvent être utilisés. La section nominale des conducteurs doit être déterminée d'après la **puissance assignée** du **SMPS**, et la densité du courant ne doit pas être supérieure à 5 A/mm² en fonctionnement normal.

13 Tension de court-circuit

L'article de la Partie 1 est applicable.

14 Echauffements

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

14.101 Pour les **SMPS** incorporant des **transformateurs** ayant des fréquences internes supérieures à 1 kHz, des couples thermoélectriques ou des moyens équivalents de mesure des températures peuvent être utilisés pour déterminer la température des enroulements et des matériaux isolants.

Les valeurs maximales du Tableau 1 dans la Partie 1 pour les températures d'enroulement doivent être réduites de 10 °C pour les mesures de couple thermoélectrique. Les couples thermoélectriques doivent être montés uniquement sur des surfaces accessibles des transformateurs incorporés.

NOTE Il convient de ne pas intégrer les couples thermoélectriques dans les enroulements.

15 Protection contre les courts-circuits et les surcharges

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

15.101 Les circuits électroniques doivent être conçus et appliqués de façon telle qu'une défaillance dans le **SMPS** ne provoque pas de choc électrique ou de risque d'incendie, et que le fonctionnement non intentionnel de l'appareil ne compromette pas la sécurité.

La conformité est vérifiée par l'évaluation des conditions de défaut spécifiées en Annexe H de la Partie 1.

16 Résistance mécanique

L'article de la Partie 1 est applicable.

17 Protection contre les effets nuisibles dus à la pénétration de poussière, d'objets solides et de l'humidité

L'article de la Partie 1 est applicable.

18 Résistance d'isolement, rigidité diélectrique et courant de fuite

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

18.3 Addition d'une nouvelle case 5 pour le Tableau 8a:

Tableau 8a – Tableau des tensions d'essai de rigidité diélectrique

Points d'application de la tension d'essai de rigidité diélectrique	Tension locale V				
	<50	150	300	600	1 000
5) A travers l'isolation fonctionnelle pour les enroulements destinés à être raccordés en série ou en parallèle	Tension locale + 500 V				

Remplacer le texte de la note a du bas de Tableau 8a:

^a Pour une construction conforme à 26.2.4.1, Essai B, la tension est multipliée par le facteur 1,25. Pour une construction conforme à 26.2.4.2, la tension est multipliée par le facteur 1,35.

18.4 ne s'applique pas.

Addition:

Le terme **transformateur** doit être remplacé par **SMPS** quand cela est applicable.

18.101 Le **SMPS** doit réaliser l'essai d'impulsion conformément au Tableau F.5 de la CEI 60664-1 avec 1,2/50 µs comme suit:

*Après l'essai décrit en 18.3, le **SMPS** doit être connecté au matériel d'essai d'impulsion. L'essai d'impulsion doit être effectué avec 10 impulsions de chaque polarité entre les bornes primaires et les bornes secondaires du **SMPS**. L'intervalle entre les impulsions doit être au moins de 1 s si les impulsions sont produites à l'intérieur du **SMPS**.*

*Pendant l'essai, il ne doit y avoir aucune rupture de l'isolation entre les spires d'un enroulement, entre les **circuits primaires** et **secondaires**, entre les **circuits primaires** adjacents ou **secondaires**, ou entre les enroulements et un noyau conducteur.*

18.102 Un essai de décharge partielle conforme à la CEI 60664-1 (voir description de l'essai ci-dessous) doit être réalisé, si des fils **FIW** sont utilisés et si la tension de fonctionnement de crête répétitive U_t à travers l'isolation est supérieure à 750 V. La tension de crête répétitive appropriée est la tension maximale mesurée entre le circuit d'entrée et le circuit de sortie du SMPS, si la face secondaire est mise à la terre. La mesure doit être effectuée à 1,0 de la tension d'entrée maximale assignée.

Un essai de décharge partielle doit être réalisé au niveau du transformateur pour le SMPS avec la tension de crête répétitive mesurée U_t , supérieure à 750 V crête.

U_t est la tension de fonctionnement de crête maximale;

t_1 est égal à 5 s;

t_2 est égal à 15 s.

La décharge partielle doit être inférieure ou égale à 10 pC au temps t_2 .

L'essai doit être réalisé conformément à la Figure 104 suivante:

Pour d'autres applications, des valeurs supérieures peuvent être exigées (par exemple, CEI 61800-5-1).

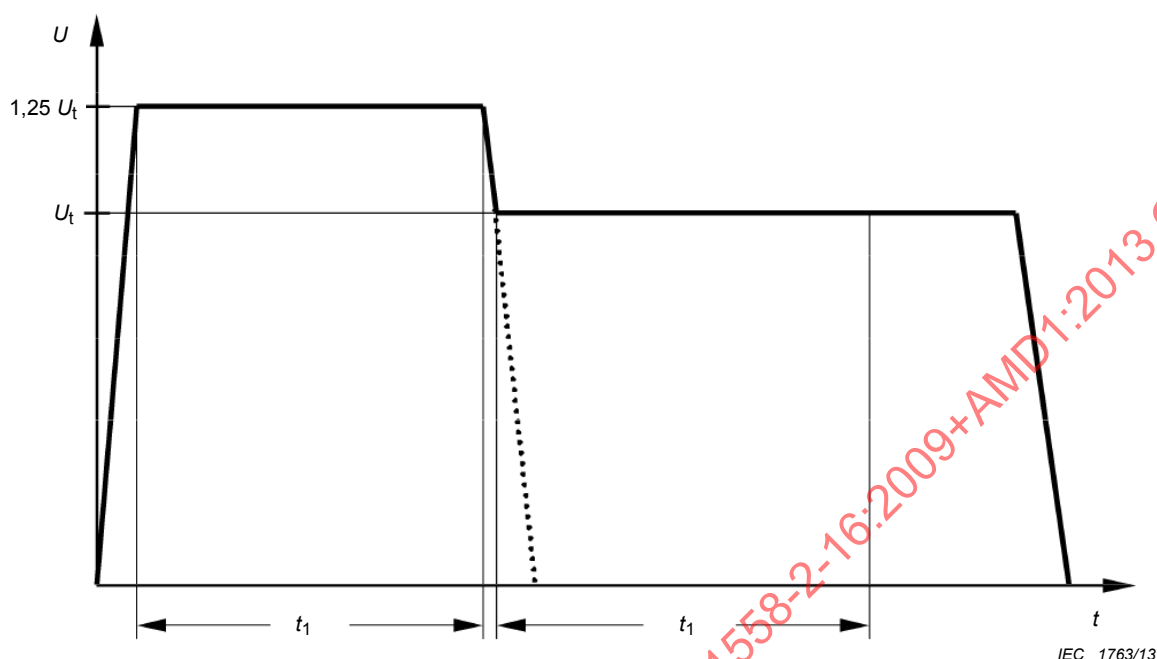


Figure 104 – Tensions d'essai

19 Construction

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

19.1 Remplacement:

19.1.1 SMPS incorporant des auto-transformateurs

19.1.1.1 Les **autotransformateurs** raccordés par des fiches ayant une **tension primaire assignée** supérieure à la **tension secondaire assignée** ne doivent avoir aucun potentiel par rapport à la terre au niveau des bornes du secondaire qui soit supérieur à la **tension secondaire assignée**.

Cette exigence doit être remplie en utilisant l'une des méthodes suivantes:

19.1.1.2 Système de fiche et prise de courant polarisé au primaire et au secondaire

Dans ce cas, une instruction doit être donnée pour ne pas utiliser un tel transformateur avec un système de fiche et de prise de courant non polarisé.

19.1.1.3 Dispositif de détection de polarité (pour système de fiche et prise de courant polarisé au primaire et au secondaire)

Un dispositif de détection de polarité doit autoriser l'énergie au secondaire seulement lorsque le potentiel à chacun des pôles de la prise de courant secondaire par rapport à la terre n'excède pas la **tension secondaire assignée**. La séparation des contacts du dispositif de coupure doit être au minimum de 3 mm à chacun des pôles.

NOTE Un relais magnétique est un exemple de dispositif de détection de polarité.

La conformité est vérifiée par l'essai suivant:

*L'autotransformateur est raccordé au réseau à 1,06 fois la **tension primaire assignée** dans les conditions de charge et de tension secondaire les plus défavorables. L'essai est répété avec la polarité inversée au circuit primaire. Pendant l'essai, le potentiel par rapport à la terre mesuré à chacun des pôles ne doit pas être supérieur à la **tension secondaire maximale en charge** (1,06 fois la **tension secondaire assignée** en prenant en compte les déviations permises dans l'Article 11).*

La conformité est vérifiée par des mesures.

Si le dispositif de détection de polarité utilise un courant circulant vers le conducteur de terre pour la détection, ce courant ne doit pas être supérieur à 0,75 mA et doit circuler uniquement pendant la période de mesure jusqu'à ce que la polarité soit inversée.

La conformité est vérifiée par des mesures.

Tous les essais sont répétés dans les conditions de défaut selon H.2.3 de l'Annexe H de la Partie 1. Dans ce cas, le potentiel par rapport à la terre à chacun des pôles ne doit pas être supérieur à 1,06 fois la tension secondaire maximale en charge pendant plus de 5 s.

La conformité est vérifiée par des mesures.

19.1.2 SMPS incorporant des transformateurs d'isolement à enroulements séparés

19.1.2.1 Les **circuits primaires** et **secondaires** doivent être électriquement séparés les uns des autres et la construction doit être telle qu'il n'y ait aucune possibilité de connexion entre ces circuits soit directement soit indirectement par l'intermédiaire d'autres **parties conductrices**, sauf en cas d'action délibérée.

La conformité est vérifiée par examen et mesurage en prenant en considération les Articles 18 et 26.

19.1.2.2 L'isolation entre le ou les **enroulements primaires** et **secondaires** doit être constituée au moins d'une **isolation principale**.

En outre, ce qui suit s'applique:

- pour les **SMPS de classe I**, l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **masse** et entre les **enroulements secondaires** et la **masse** doit être au moins constituée d'une **isolation principale** (dimensionnée pour la **tension locale**);
- pour les **SMPS de classe II**, l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **masse**, et entre les **enroulements secondaires** et la **masse** doit être constituée d'une **isolation double** ou **renforcée** (dimensionnée pour la tension locale).

19.1.2.3 Pour les **SMPS** ayant des **parties conductrices** intermédiaires (par exemple, le noyau métallique) ou un circuit résonant, non connecté à la **masse** et situé entre les **enroulements primaires** et **secondaires**, l'isolation entre les **parties conductrices** intermédiaires (ou un circuit résonant) et les **enroulements primaires** ou entre les **parties conductrices** intermédiaires (ou un circuit résonant) et les **enroulements secondaires** doit être constituée au moins d'une **isolation principale**.

NOTE Une **partie conductrice** intermédiaire (ou un circuit résonant), non séparé des **enroulements primaires** ou **secondaires** ou de la **masse** par au moins une **isolation principale**, est considérée être raccordée à la ou aux parties correspondantes.

En outre, les exigences suivantes s'appliquent:

- pour les **SMPS de classe I**, l'isolation entre les **enroulements primaires** et **secondaires** via les **parties conductrices** intermédiaires (ou un circuit résonant) doit être constituée d'au moins une **isolation principale** (dimensionnée pour la **tension locale**);
- pour les **SMPS de classe II**, l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **masse** et entre les **enroulements secondaires** et la **masse** via les parties conductrices intermédiaires (ou un circuit résonant) doit être constituée d'une **double isolation** ou d'une **isolation renforcée** (dimensionnée pour la **tension primaire** et **secondaire**).

19.1.2.4 Des parties des **circuits secondaires** peuvent être raccordées à la terre de protection.

19.1.2.5 Il ne doit pas y avoir de connexion directe entre les **circuits secondaires** et la **masse**, à moins d'être autorisé par la norme d'équipement correspondante – pour les **transformateurs associés** – ou si le 19.8 de la Partie 1 est satisfait. Cependant, les condensateurs d'après le 19.8 sont autorisés.

La vérification est effectuée par examen.

19.1.3 SMPS incorporant des transformateurs de séparation des circuits et des transformateurs de sécurité

19.1.3.1 Les **circuits primaires** et **secondaires** doivent être électriquement séparés les uns des autres et la construction doit être telle qu'il n'y ait aucune possibilité de connexion entre ces circuits soit directement soit indirectement par l'intermédiaire d'autres **parties conductrices**, sauf en cas d'action délibérée.

La conformité est vérifiée par examen et mesurage en prenant en considération les Articles 18, 19 et 26.

19.1.3.2 L'isolation entre le ou les **enroulements primaires** et **secondaires** doit être constituée d'une **isolation double** ou **renforcée** (dimensionnée pour la **tension locale**), à moins que les exigences de 19.1.3.4 ne soient satisfaites.

De plus, ce qui suit s'applique:

- pour les **transformateurs de classe I** non destinés à être raccordés à l'alimentation principale au moyen d'une prise de courant, l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **masse** raccordée à la terre doit être constituée d'au moins une **isolation principale** dimensionnée pour la **tension primaire**. L'isolation entre les **enroulements secondaires** et la **masse** connectée à la terre, doit être constituée d'au moins une **isolation principale** (dimensionnée pour la **tension secondaire**);
- pour les **transformateurs de classe I** destinés à être raccordés à l'alimentation principale au moyen d'une prise de courant, l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **masse** doit être constituée d'au moins une **isolation principale** et l'isolation entre les **enroulements secondaires** et la **masse** doit comprendre au moins une **isolation supplémentaire** (l'**isolation principale** et l'**isolation supplémentaire** étant dimensionnées pour la **tension locale**);
- pour les **transformateurs de classe II**, l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **masse** doit être constituée d'une **isolation double** ou **renforcée** (dimensionnée pour la **tension primaire**). L'isolation entre les **enroulements secondaires** et la **masse**, doit être constituée d'une **isolation double** ou **renforcée** (dimensionnée pour la **tension secondaire**).

19.1.3.3 Pour les **transformateurs** avec des **parties conductrices** intermédiaires (par exemple le noyau métallique) non raccordées à la **masse** et situées entre les **enroulements primaires** et **secondaires**, les exigences suivantes sont applicables:

19.1.3.3.1 pour les **transformateurs de classe I et de classe II**, l'isolation entre les **enroulements primaires** et **secondaires** via les **parties conductrices** intermédiaires doit être constituée d'une **double isolation** ou d'une **isolation renforcée** (dimensionnée pour la **tension locale**).

- pour les **transformateurs de classe II**, l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **masse** et entre les **enroulements secondaires** et la **masse** via les **parties conductrices** intermédiaires doit être constituée d'une **double isolation** ou d'une **isolation renforcée** (dimensionnée pour la **tension primaire et secondaire**), seule une **isolation principale** est exigée pour les **circuits TBTS**;
- pour les **transformateurs** qui ne sont pas indépendants (IP00), l'isolation entre les **enroulements primaires** et **secondaires** via les **parties conductrices** intermédiaires doit être constituée d'une **double isolation** ou d'une **isolation renforcée** (dimensionnée pour la **tension locale**).

19.1.3.3.2 en alternative aux exigences de 19.1.3.3.1 pour un **transformateur de classe I** non destiné à être raccordé au moyen d'une prise de courant et pour un **transformateur** qui n'est pas **indépendant** (IP00), si la construction assure que toutes les plaques stratifiées du noyau métallique sont raccordées à la terre (par exemple par soudure/brasure) et si la fiche de données ou d'instructions indique clairement que la sécurité du **transformateur** dépend du raccordement à la terre et qu'il n'est pas possible de l'utiliser dans du matériel de **classe II**, alors ce qui suit s'applique: l'isolation entre les **enroulements primaires** et la **partie conductrice** intermédiaire raccordée à la terre, et entre les **enroulements secondaires** et la **partie conductrice** intermédiaire raccordée à la terre, doit être constituée d'au moins une **isolation principale** (dimensionnée pour la **tension primaire et secondaire**);

19.1.3.3.3 en plus des exigences mentionnées en 19.1.3.3.1 et 19.1.3.3.2, l'isolation entre les **parties conductrices** intermédiaires et les **enroulements primaires**, et entre les **parties conductrices** intermédiaires et les **enroulements secondaires** doit être constituée d'au moins une **isolation principale** (dimensionnée pour la **tension primaire et secondaire**). Une **partie conductrice** intermédiaire non séparée des **enroulements primaires** ou **secondaires** ou de la **masse** par au moins une **isolation principale**, est considérée être raccordée à la ou aux parties correspondantes.

NOTE Une partie métallique intermédiaire qui est séparée de l'un des enroulements par une isolation double ou une isolation renforcée est considérée comme étant connectée à l'autre enroulement.

19.1.3.4 Pour les **transformateurs de classe I**, non destinés à être raccordés à l'alimentation principale au moyen d'une prise de courant, l'isolation entre les **enroulements primaires** et **secondaires** peut être constituée d'une **isolation principale** et d'un **écran de protection** au lieu d'une **isolation double** ou **renforcée** pourvu que les conditions suivantes soient remplies:

- l'isolation entre l'**enroulement primaire** et l'**écran de protection** doit satisfaire aux exigences de l'**isolation principale** (dimensionnée pour la **tension primaire**);
- l'isolation entre l'**enroulement secondaire** et l'**écran de protection** doit satisfaire aux exigences de l'**isolation principale** (dimensionnée pour la **tension secondaire**);
- l'**écran de protection** doit, sauf indication contraire, être constitué d'un film métallique ou d'un écran de fil bobiné s'étendant au moins sur toute la largeur de l'**enroulement primaire** et ne doit comporter aucun espace ni trou.
- lorsque l'écran de protection ne recouvre pas entièrement la largeur de l'**enroulement primaire**, des rubans adhésifs supplémentaires ou similaires doivent être utilisés pour obtenir l'**isolation double** à cet endroit;

- si l'écran de protection est une feuille, les spires doivent être isolées les unes des autres. S'il s'agit d'un seul tour, il doit y avoir un recouvrement isolé d'au moins 3 mm;
- le fil d'un écran bobiné et le conducteur de raccordement de l'**écran de protection** doivent avoir une section correspondant au moins au **courant assigné** du dispositif de protection contre les surcharges de façon à assurer qu'en cas de rupture dans l'**isolation**, le dispositif de protection contre les surcharges ouvre le circuit avant que le conducteur de raccordement ne soit détruit en cas de rupture du **système d'isolation**;
- le fil de raccordement doit être soudé à l'**écran de protection** ou fixé d'une manière sûre équivalente.

Pour les **transformateurs** à raccorder à l'alimentation au moyen d'une fiche de prise de courant (incorporée ou non), l'alternative constituée d'une **isolation principale** et d'un **écran de protection** n'est pas admise.

NOTE Dans le cadre de ce paragraphe, le terme «enroulement» ne concerne pas les **circuits internes**.

Des exemples de réalisation d'enroulements sont donnés à l'Annexe M de la Partie 1.

Addition:

19.1.3.5 Il ne doit pas y avoir de connexion directe entre les **circuits secondaires** et la terre de protection, à moins d'être autorisé par la norme d'équipement correspondante, pour les **transformateurs associés** ou si le 19.8 de la Partie 1 est satisfait.

19.1.3.6 Il ne doit pas y avoir de connexion directe entre les **circuits secondaires** et la **masse** à moins, pour les **transformateurs associés**, d'être autorisé par la norme d'équipement correspondante ou si le 19.8 de la Partie 1 est satisfait.

La vérification est effectuée par examen.

19.1.3.7 Pour les **SMPS incorporant des transformateurs de séparation des circuits** et des **transformateurs de sécurité**, les **bornes primaires** et **secondaires** pour la connexion des conducteurs externes doivent être disposés de sorte que la distance mesurée au point d'introduction des conducteurs dans ces bornes, ne soit pas inférieure à 25 mm. Si on utilise une barrière pour obtenir la distance, la mesure doit être prise au-dessus et autour de la barrière et celle-ci doit être en matériau isolant et fixée de façon permanente au transformateur.

La conformité est vérifiée par examen et par des mesures sans tenir compte des parties conductrices intermédiaires.

Addition:

19.1.3.8 Les **transformateurs mobiles** ayant une **puissance assignée** ne dépassant pas 630 VA doivent être de classe II.

19.1.3.9 Il ne doit pas y avoir de connexion entre les **circuits secondaires** et la **masse** à moins que cela ne soit permis par la norme d'équipement correspondante pour les **transformateurs associés**.

19.1.3.10 Pour les **transformateurs** à raccorder à l'alimentation au moyen d'une fiche de prise de courant (incorporée ou non), l'alternative constituée d'une **isolation principale** et d'un **écran de protection** n'est pas admise.

19.12.3 Remplacement:

Les **fils de bobinage isolés** , dans un système d'isolation fournissant une **isolation principale, supplémentaire ou renforcée** , doivent satisfaire aux exigences suivantes.

Un fil possédant une isolation multicouches extrudée ou enroulée en spirale (où seul le fil fini peut être soumis aux essais) et qui satisfait aux essais de l'Annexe K.

Le nombre minimal de couches de construction appliqué au conducteur doit être le suivant:

- ISOLATION PRINCIPALE: deux couches enroulées ou une couche extrudée;
- ISOLATION SUPPLEMENTAIRE: deux couches, enroulées ou extrudées;
- ISOLATION RENFORCEE: trois couches enroulées ou extrudées.

Dans le cas d'une isolation enroulée en spirale pour laquelle les LIGNES DE FUITE entre les couches, enroulées, sont inférieures à celles indiquées dans l'Article 26 pour un degré de pollution 1, le chemin entre les couches doit être rendu étanche comme pour un joint collé au 26.2.3, Essai A et les tensions d'essai des ESSAIS DE TYPE à l'Article K.2 sont augmentées à 1,35 fois leurs valeurs normales.

NOTE 1 On considère qu'une couche de matériau bobiné avec un recouvrement de plus de 50 % constitue deux couches.

Le composant fini doit satisfaire à l'ESSAI INDIVIDUEL DE SÉRIE pour la rigidité diélectrique en utilisant la valeur appropriée des tensions d'essai de 18.3.

La conformité est vérifiée par examen, par des mesures et, le cas échéant, suivant les spécifications de l'Annexe K.

a) Lorsque l'isolation sur le fil de bobinage est utilisée pour fournir une **isolation principale ou supplémentaire** dans une partie bobinée:

- le fil isolé (par exemple, polyimide ou isolation de qualité équivalente) doit être conforme à l'Annexe K;
- l'isolation d'un **fil de bobinage isolé** doit comprendre au moins deux couches pour l' **isolation supplémentaire** ;
- l'isolation d'un **fil de bobinage isolé** doit comprendre au moins une couche pour l' **isolation principale** ;
- l'isolation pour une séparation mécanique satisfaisant à l'essai de rigidité diélectrique pour l' **isolation principale** doit être installée entre les **fils isolés** et les fils émaillés.

NOTE 2 Si, pour l'isolation principale ou supplémentaire, on utilise un fil à triple isolation combiné à un fil émaillé, une isolation intercalée supplémentaire (séparation mécanique) n'est pas exigée.

b) Lorsque l'isolation sur le fil de bobinage est utilisée pour fournir une **isolation renforcée** dans une partie bobinée:

- le fil isolé (par exemple, polyimide ou isolation de qualité équivalente) doit être conforme à l'Annexe K;
- l'isolation d'un **fil de bobinage isolé** doit comprendre au moins trois couches;
- l'isolation est soumise à l'essai de rigidité diélectrique approprié du 18.3.

Lorsque le fil de bobinage isolé est enroulé:

- sur des noyaux en métal ou en ferrite ou
- sur un fil émaillé ou;
- sous un fil émaillé;

une isolation pour séparation mécanique qui satisfait à l'essai de rigidité diélectrique pour l' **isolation principale** doit être prévue entre les fils isolés et le noyau ou entre les fils isolés

et les fils émaillés. Les deux enroulements ne doivent pas se toucher mutuellement et ne doivent pas toucher le noyau.

NOTE 3 Cette exigence prend en compte 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 % de l'essai individuel de série de rigidité diélectrique suivant l'Article K.3.

Aucune des exigences relatives aux **lignes de fuite** et aux **distances dans l'air** n'est applicable aux **fils de bobinage isolés** .

Pour les enroulements fournissant une **isolation renforcée** , aucune valeur n'est exigée au 2) c) du Tableau 13, du Tableau C.1 et du Tableau D.1 de la Partie 1 et aucune valeur n'est exigée selon 26.106.

La conformité est vérifiée par examen de la partie et la déclaration du constructeur du fil

19.12.101 Le transformateur utilisant des fils de bobinage totalement isolés (**FIW**), doit être utilisé uniquement jusqu'à la classe d'isolation F incluse.

19.12.102 Les fils de bobinage totalement isolés (**FIW**) doivent être conformes à la CEI 60851-5:2008, la CEI 60317-0-7 et la CEI 60317-56. Si le fil a un autre diamètre nominal que celui défini dans le Tableau 111, la valeur minimale de tenue à la tension élevée peut être calculée suivant la formule ci-dessous, donnée dans le Tableau 111:

- Fils **FIW** utilisés pour l'isolation principale ou supplémentaire des transformateurs conformément à 19.1.2:
 - la tension d'essai exigée au Tableau 8a pour l'isolation principale/supplémentaire suivant la tension de fonctionnement du transformateur doit respecter la tenue en tension minimale de l'isolation principale pour le fil **FIW** conformément au Tableau 111;
 - une isolation pour séparation mécanique doit être utilisée entre un fil **FIW** à une isolation principale et un fil émaillé. Les deux enroulements ne doivent pas se toucher mutuellement. L'isolation pour la séparation mécanique doit satisfaire à l'essai haute tension de l'isolation principale. Les lignes de fuite et les distances dans l'air par rapport au fil **FIW** ne sont pas exigées.
- Fils **FIW** utilisés pour l'isolation double ou renforcée conformément à 19.1.3:
 - la tension d'essai exigée au Tableau 8a pour l'isolation principale/supplémentaire suivant la tension de fonctionnement du transformateur doit respecter la tenue en tension minimale de l'isolation principale pour le fil **FIW** conformément au Tableau 111; Pour l'enroulement primaire et l'enroulement secondaire, un fil **FIW** avec une isolation principale doit être utilisé;
 - une isolation pour séparation mécanique doit être utilisée entre les deux fils **FIW** à isolation principale. Les deux enroulements ne doivent pas se toucher. L'isolation pour la séparation mécanique doit satisfaire à l'essai haute tension de l'isolation principale. Les lignes de fuite et les distances dans l'air entre les fils **FIW** ne sont pas exigées.
- Autre construction avec fils **FIW** à isolation renforcée:
 - la tension d'essai exigée au Tableau 8a pour l'isolation renforcée suivant la tension de fonctionnement du transformateur doit respecter la tenue en tension minimale pour le fil **FIW** conformément au Tableau 111;
 - une isolation pour séparation mécanique doit être utilisée entre un fil **FIW** à isolation renforcée et un fil émaillé. Les deux enroulements ne doivent pas se toucher. L'isolation pour la séparation mécanique doit satisfaire à l'essai haute tension de l'isolation principale. Les lignes de fuite et les distances dans l'air par rapport au fil **FIW** ne sont pas exigées.

- Autre construction avec fils **FIW**, à isolation principale ou supplémentaire pour transformateurs à isolation double ou renforcée conformément 19.1.3:
 - la tension d'essai exigée au Tableau 8a pour l'isolation principale/supplémentaire suivant la tension de fonctionnement du transformateur doit respecter la tenue en tension minimale de l'isolation principale pour le fil **FIW** conformément au Tableau 111; Pour l'enroulement primaire et l'enroulement secondaire, un fil **FIW** avec une isolation principale doit être utilisé. Pour l'autre enroulement, un fil émaillé peut être utilisé;
 - une isolation supplémentaire suivant la tension de fonctionnement est exigée entre le fil **FIW** à isolation principale et le fil émaillé. Les lignes de fuite et les distances dans l'air entre le fil **FIW** et le fil émaillé sont exigées pour l'isolation supplémentaire.
- Lorsque le fil **FIW** est enroulé:
 - sur des noyaux en métal ou en ferrite, une isolation pour la séparation mécanique qui satisfait à l'essai de rigidité diélectrique pour l'isolation principale doit être prévue entre les fils **FIW** et le noyau. Le fil **FIW** et le fil émaillé (le cas échéant) ne doivent pas toucher le noyau en métal ou en ferrite.

20 Composants

L'article de la Partie 1 est applicable.

21 Conducteurs internes

L'article de la Partie 1 est applicable.

22 Raccordement à l'alimentation et câbles souples externes

L'article de la Partie 1 est applicable.

23 Bornes pour conducteurs externes

L'article de la Partie 1 est applicable.

24 Dispositions en vue de la mise à la terre

L'article de la Partie 1 est applicable.

25 Vis et connexions

L'article de la Partie 1 est applicable.

26 Lignes de fuite, distances d'isolement et distances à travers l'isolation

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

La conformité est vérifiée par les essais de H.3 de la Partie 1 et par les exigences suivantes.

26.101 Les lignes de fuite, distances d'isolement et distances à travers l'isolation comme indiqué dans le Tableau 13, Tableau C.1 et Tableau D.1 de la Partie 1 sont généralement applicables.

26.102 Conformément à la CEI 60664-4 (2005), les exigences suivantes sont applicables pour les fréquences supérieures à 30 kHz. Dans la CEI 60664-4, les valeurs pour les **lignes de fuite**, les distances d'isolement et l'**isolation** solide sont exigées jusqu'à la fréquence de 3 MHz. Si des fréquences supérieures à 3 MHz sont utilisées dans cette norme, les essais de l'Article 7 de la CEI 60664-4, Essais à haute fréquence, (essai haute tension à haute fréquence et essai de **décharge partielle** à haute fréquence) sont exigés.

26.103 Distance d'isolement

- a) Deux déterminations des distances d'isolement sont nécessaires pour les fréquences > 30 kHz (voir Figure 101 qui montre le principe):
- détermination basée sur la tension locale crête mesurée d'après le Tableau 104 et pour des conditions de champs approximativement homogènes d'après le Tableau 102.
 - détermination basée sur la tension locale efficace mesurée d'après les Tableaux 13, C.1 et D.1 de la CEI 61558-1, .

La distance d'isolement minimale est la plus grande des deux valeurs.

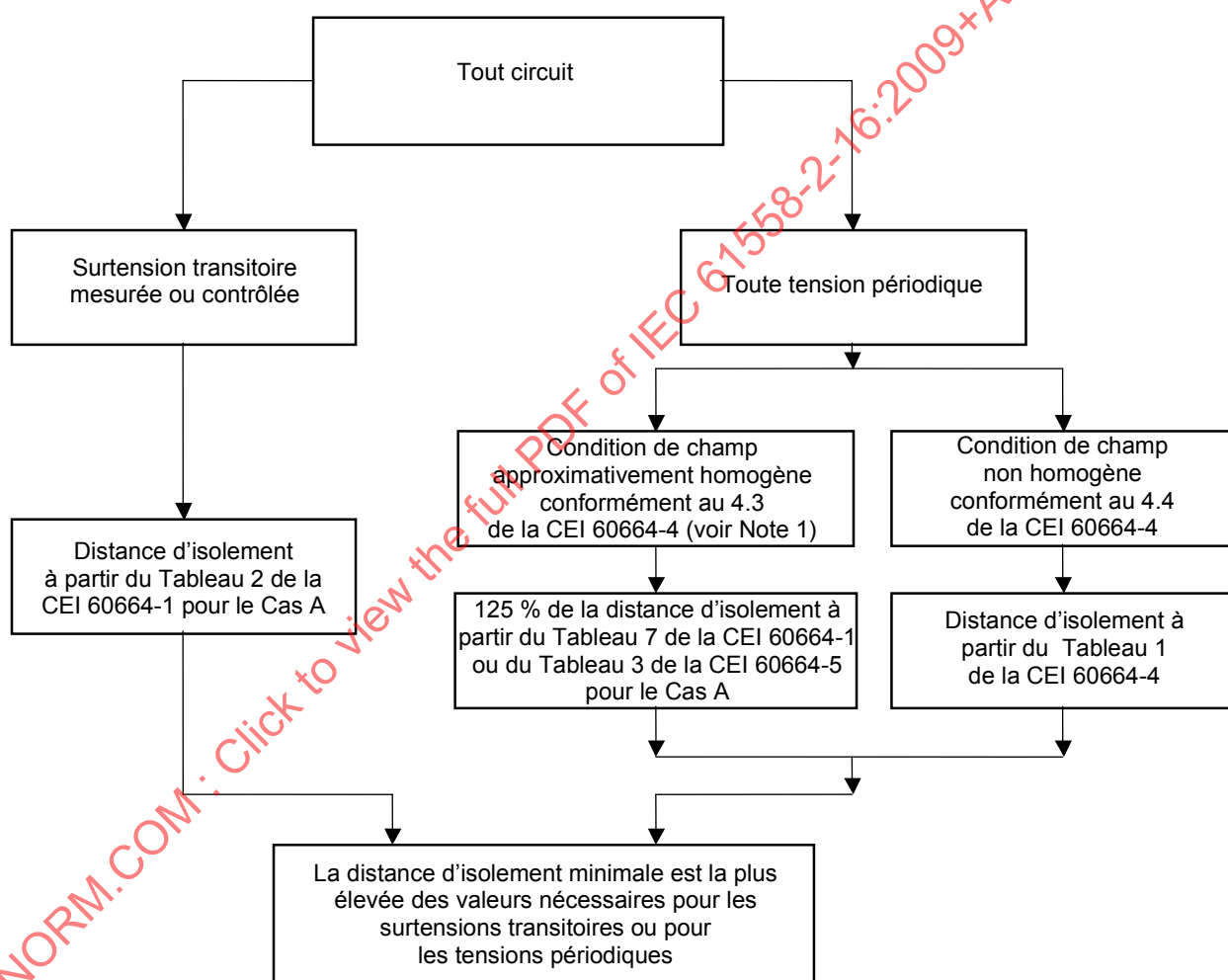
- b) Deux déterminations des distances d'isolement sont nécessaires pour les fréquences ≤ 30 kHz (voir Figure 101 qui montre le principe):
- détermination basée sur la tension locale crête mesurée avec des tensions crêtes récurrentes, d'après le Tableau 103.
 - détermination basée sur la tension locale efficace mesurée d'après les Tableaux 13, C.1 et D.1 de la CEI 61558-1, .

La distance d'isolement minimale est la plus grande des deux valeurs.

Schéma de dimensionnement

Les schémas suivants montrent les relations entre les facteurs qui influencent le dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite pour la coordination de l'isolement. Les schémas mettent en valeur les facteurs essentiels et ne sont pas destinés à remplacer la lecture complète des paragraphes correspondants. En particulier, ils ne prennent pas en compte la situation de champ homogène (valeurs du cas B), un dimensionnement plus précis des distances d'isolement pour des fréquences entre f_{crit} et f_{min} et un dimensionnement de l'isolation solide afin d'éviter les essais avec des tensions à haute fréquence.

Il est à noter que les procédures de dimensionnement des distances d'isolement et des lignes de fuite sont indépendantes. C'est pourquoi, lorsqu'une distance d'isolement et une ligne de fuite coïncident sur la même surface isolante, on doit utiliser celle qui est la plus importante, soit la distance d'isolement, soit la ligne de fuite.



IEC 60664-4

NOTE 1 Pour les fréquences dépassant 30 kHz, un champ approximativement homogène est considéré exister lorsque le rayon de courbure des parties conductrices est supérieur ou égal à 20 % de la distance d'isolement. Le rayon de courbure nécessaire ne peut être spécifié qu'à la fin de la procédure de dimensionnement.

NOTE 2 Ce schéma de dimensionnement est copié de l'Annexe F de la CEI 60664-4.

Figure 101 – Schéma pour le dimensionnement des distances d'isolement

Tableau 102 – Valeurs des distances d'isolement pour les fréquences > 30 kHz avec des conditions de champs approximativement homogènes d'après le 4.3 de la CEI 60664-4,

Tension locale (valeur crête)	Distances d'isolement pour champ approximativement homogène	
	Isolation principale	Isolation double ou renforcée
V	mm	mm
330	0,02	0,03
400	0,04	0,06
500	0,07	0,11
600	0,1	0,16
800	0,15	0,33
1 000	0,2	0,45
1 200	0,3	0,57
1 500	0,43	0,8
2 000	0,6	1,2
2 500	0,86	1,5
3 000	1,1	2,0
4 000	1,5	3,0
5 000	2,1	3,5
6 000	3,1	4,5
8 000	3,5	6,0
NOTE Les valeurs du Tableau 102 sont basées sur le Tableau 7a de la CEI 60664-1 (125% de la tension crête dans le Tableau 7a). Les valeurs de l'isolation double ou renforcée sont calculées d'après la CEI 60664-1 avec un facteur de 1,6 fois la tension de tenue crête.		

Si la valeur de la distance d'isolement du Tableau 102 est inférieure à la valeur exigée dans le Tableau 13 de la CEI 61558-1 (Tableau F.2 de la CEI 60664-1), alors la valeur de la CEI 61558-1 est exigée.

Un champ approximativement homogène est considéré exister lorsque le rayon de courbure de la partie conductrice est égale ou supérieure à 20 % de la distance d'isolement.

Tableau 103 – Valeurs de distances d'isolement pour surtensions transitoires ou tensions crêtes récurrentes produites dans le circuit primaire des SMPS pour des fréquences ≤ 30 kHz

Tension (valeur crête)	Distances d'isolement pour le champ non homogène	
	Isolation principale	Isolation double ou renforcée
V	mm	mm
330	0,01	0,04
400	0,02	0,07
500	0,04	0,13
600	0,06	0,2
800	0,13	0,5
1 000	0,26	0,87
1 200	0,42	1,18
1 500	0,76	1,7
2 000	1,27	2,7
2 500	1,8	3,8
3 000	2,4	5,4
4 000	3,8	8,5
5 000	5,7	11
6 000	7,9	14,4
8 000	11,0	20,6
NOTE Les valeurs du Tableau 103 sont basées sur le Tableau 7a de la CEI 60664-1. Les valeurs de l'isolation double ou renforcée sont calculées d'après la CEI 60664-1 avec le facteur de 1,6 de tension (tension de tenue crête).		

Si la valeur de la distance d'isolement du Tableau 104 est inférieure à la valeur exigée dans le Tableau 13 de la CEI 61558-1 (Tableau F.2 de la CEI 60664-1), alors la valeur de la CEI 61558-1 est exigée.

Tableau 104 – Valeurs minimales des distances d'isolement dans l'air pour des conditions de champ non homogène pour fréquence > 30 kHz

Tension locale $U_{\text{crête}}$ (kV)	Isolation principale ou supplémentaire Distance d'isolement (mm)	Isolation double ou renforcée Distance d'isolement (mm)
Jusqu'à 0,6	0,06	0,12
0,8	0,18	0,36
1,0	0,5	1,0
1,2	1,4	2,8
1,4	2,35	4,7
1,6	4,0	8,0
1,8	6,7	13,4
2,0	11	22,0
NOTE Les valeurs du Tableau 104 sont issues du Tableau 1 de la CEI 60664-4 (2005), les valeurs de l'isolation double ou renforcée sont égales à deux fois la valeur de l'isolation principale conformément à 109/58/CDV.		

L'interpolation est autorisée.

Si la valeur de la distance d'isolement du Tableau 104 est inférieure à la valeur exigée dans le Tableau 13 de la CEI 61558-1 (Tableau F.2 de la CEI 60664-1), alors la valeur de la CEI 61558-1 est exigée.

26.104 Les tensions locales des Tableaux 102, 103 et 104 pour la détermination des distances d'isolement sont en valeurs crêtes.

Toutes les tensions crêtes, même pour celles de l'ordre de la μsec , sont à déterminer d'après les Tableaux 102 à 104.

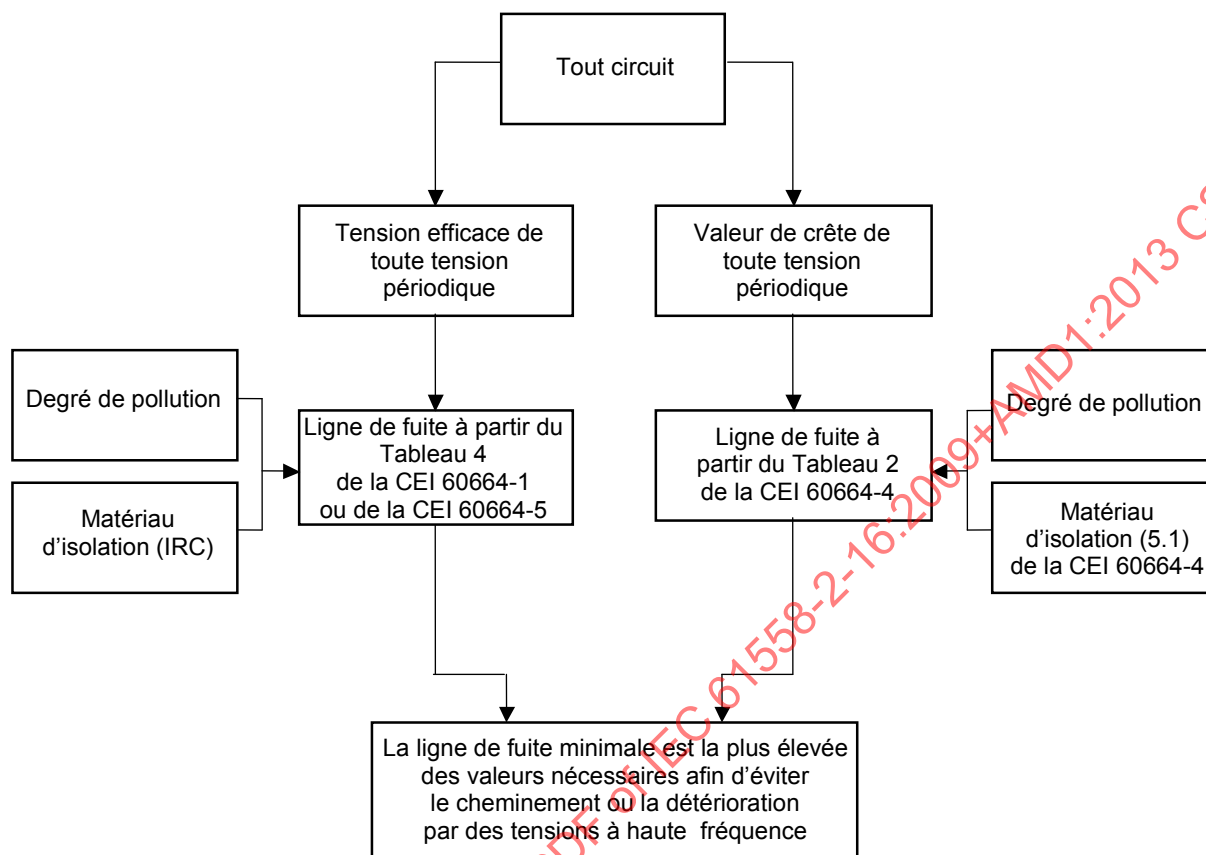
Les tensions efficaces mesurées sont à déterminer d'après le Tableau 13 de la CEI 61558-1 (Tableau F.2 de la CEI 60664-1). Si la construction remplit les exigences du 4.3 de la CEI 60664-4 pour des conditions de champs approximativement homogènes, les valeurs du Tableau 102 doivent être applicables (125 % des valeurs du Tableau 7 de la CEI 60664-1).

26.105 Lignes de fuite

Deux déterminations des lignes de fuite sont nécessaires (voir Figure 102 qui montre le principe):

- détermination issue de la tension locale crête mesurée d'après les Tableaux 105 à 110;
- détermination basée sur la tension locale efficace mesurée d'après les Tableaux 13, C.1 et D.1 de la CEI 61558-1, .

Les valeurs des Tableaux 105 à 110 ne prennent pas en compte les effets de cheminement pour les fréquences supérieures à 30 kHz. Toutes les crêtes sont comprises dans les valeurs crêtes de la tension locale. En conséquence, si les valeurs pour les fréquences supérieures à 30 kHz des Tableaux 105 à 110 de la présente norme sont inférieures aux valeurs correspondantes des Tableaux 13, C.1 ou D.1 de la CEI 61558-1, les valeurs les plus élevées doivent être applicables.



IEC 1386/05

NOTE Ce schéma de dimensionnement est copié de la CEI 60664-4, Annexe F.

Figure 102 – Schéma de dimensionnement des lignes de fuite

**Tableau 105 – Isolation principale ou supplémentaire –
Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence
(degré de pollution 1)**

Tension locale	Ligne de fuite (mm)												
	30 kHz < f < 100 kHz	f < 150 kHz	f < 200 kHz	f < 300 kHz	f < 400 kHz	f < 500 kHz	f < 600 kHz	f < 700 kHz	f < 800 kHz	f < 900 kHz	f < 1 MHz	f < 2 MHz	f < 3 MHz
$U_{crête}/kV^a$													
0,1	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30
0,2	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	2,80
0,3	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,80	20,00
0,4	0,13	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,24	0,30	0,35	4,50	-
0,5	0,18	0,19	0,19	0,22	0,25	0,30	0,35	0,40	0,77	1,13	1,50	20,00	-
0,6	0,27	0,27	0,27	0,34	0,40	0,55	0,70	0,85	2,23	3,62	5,00	-	-
0,7	0,36	0,37	0,38	0,53	0,68	1,09	1,49	1,90	7,93	13,97	20,00	-	-
0,8	0,45	0,50	0,55	0,83	1,10	2,00	2,90	3,80	-	-	-	-	-
0,9	0,53	0,67	0,82	1,36	1,90	4,17	6,43	8,70	-	-	-	-	-
1	0,60	0,88	1,15	2,08	3,00	8,00	13,00	18,00	-	-	-	-	-
1,1	0,68	1,19	1,70	3,35	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	0,85	1,63	2,40	5,30	8,20	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	1,20	2,35	3,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	1,65	3,33	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	2,30	4,80	7,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	3,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	4,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	6,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a La tension dans cette colonne est la tension crête la plus élevée de la tension de haute fréquence. Cette tension peut survenir au travers de l'isolation entre le circuit primaire et le circuit secondaire à la tension primaire assignée et dans des conditions normales de fonctionnement. Le circuit secondaire est relié à la terre pour la mesure de cette tension. Les transitoires sont inclus.

L'interpolation est permise.

Si la valeur de la ligne de fuite est plus courte que la valeur de la distance d'isolement, la valeur de la distance d'isolement doit être applicable pour la ligne de fuite

La tension locale crête comprend de petites crêtes. Voir 26.105. Une mesure basée sur les valeurs efficaces doit également être effectuée. Voir 26.104 et Tableau 105.

Un tiret (-) dans le tableau indique qu'une ligne de fuite pour cette fréquence n'est pas spécifiée. Ces valeurs sont à l'étude.

**Tableau 106 – Isolation principale ou supplémentaire –
Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 2)**

Tension locale	Ligne de fuite (mm)												
	30 kHz < f < 100 kHz	f < 150 kHz	f < 200 kHz	f < 300 kHz	f < 400 kHz	f < 500 kHz	f < 600 kHz	f < 700 kHz	f < 800 kHz	f < 900 kHz	f < 1 MHz	f < 2 MHz	f < 3 MHz
0,1	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36
0,2	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18	3,36
0,3	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,96	24,00
0,4	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23	0,29	0,36	0,42	5,40	-
0,5	0,22	0,22	0,23	0,26	0,30	0,36	0,42	0,48	0,92	1,36	1,80	24,00	-
0,6	0,32	0,32	0,32	0,40	0,48	0,66	0,84	1,02	2,68	4,34	6,00	-	-
0,7	0,43	0,44	0,46	0,64	0,82	1,30	1,79	2,28	9,52	16,76	24,00	-	-
0,8	0,54	0,60	0,66	0,99	1,32	2,40	3,48	4,56	-	-	-	-	-
0,9	0,63	0,81	0,98	1,63	2,28	5,00	7,72	10,44	-	-	-	-	-
1	0,72	1,05	1,38	2,49	3,60	9,60	15,60	21,60	-	-	-	-	-
1,1	0,82	1,43	2,04	4,02	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	1,02	1,95	2,88	6,36	9,84	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	1,44	2,82	4,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	1,98	3,99	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	2,76	5,76	8,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	3,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	5,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	7,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a La tension dans cette colonne est la tension crête la plus élevée de la tension de haute fréquence. Cette tension peut survenir au travers de l'isolation entre le circuit primaire et le circuit secondaire à la tension primaire assignée et dans des conditions normales de fonctionnement. Le circuit secondaire est relié à la terre pour la mesure de cette tension. Les transitoires sont inclus.

L'interpolation est permise.

Si la valeur de la ligne de fuite est plus courte que la distance d'isolement, la valeur de la distance d'isolement est exigée pour la ligne de fuite

La tension locale crête comprend de petites crêtes, voir 26.105. Une détermination basée sur les valeurs efficaces est également exigée, voir 26.104 et Tableau 105.

Un tiret (-) dans le tableau indique qu'une ligne de fuite pour cette fréquence n'est pas spécifiée. Ces valeurs sont à l'étude.

**Tableau 107 – Isolation principale ou supplémentaire –
Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 3)**

Tension locale	Ligne de fuite (mm)												
$U_{\text{crête}}(\text{kV})^a$	30 kHz < f < 100 kHz	f < 150 kHz	f < 200 kHz	f < 300 kHz	f < 400 kHz	f < 500 kHz	f < 600 kHz	f < 700 kHz	f < 800 kHz	f < 900 kHz	f < 1 MHz	f < 2 MHz	f < 3 MHz
0,1	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42
0,2	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,21	3,92
0,3	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	1,12	28,00
0,4	0,18	0,18	0,18	0,20	0,21	0,23	0,25	0,27	0,34	0,42	0,49	6,30	-
0,5	0,26	0,26	0,27	0,31	0,35	0,42	0,49	0,56	1,07	1,59	2,10	28,00	-
0,6	0,37	0,38	0,38	0,47	0,56	0,77	0,98	1,19	3,13	5,06	7,00	-	-
0,7	0,50	0,52	0,53	0,74	0,95	1,52	2,09	2,66	11,11	19,55	28,00	-	-
0,8	0,63	0,70	0,77	1,16	1,54	2,80	4,06	5,32	-	-	-	-	-
0,9	0,74	0,94	1,15	1,90	2,66	5,83	9,01	12,18	-	-	-	-	-
1	0,84	1,23	1,61	2,91	4,20	11,20	18,20	25,20	-	-	-	-	-
1,1	0,96	1,67	2,38	4,69	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	1,19	2,28	3,36	7,42	11,48	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	1,68	3,29	4,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	2,31	4,66	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	3,22	6,72	10,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	4,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	6,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	8,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a La tension dans cette colonne est la tension crête la plus élevée de la tension de haute fréquence. Cette tension peut survenir au travers de l'isolation entre le circuit primaire et le circuit secondaire à la tension primaire assignée et dans des conditions normales de fonctionnement. Le circuit secondaire est relié à la terre pour la mesure de cette tension. Les transitoires sont inclus.

^a La tension dans cette colonne est la tension crête la plus élevée de la tension de haute fréquence. Cette tension peut survenir au travers de l'isolation entre le circuit primaire et le circuit secondaire à la tension primaire assignée et dans des conditions normales de fonctionnement. Le circuit secondaire est relié à la terre pour la mesure de cette tension. Les transitoires sont inclus.

L'interpolation est permise.

Si la valeur de la ligne de fuite est plus courte que la distance d'isolement, la valeur de la distance d'isolement est exigée pour la ligne de fuite

La tension locale crête comprend de petites crêtes, voir 26.105. Une détermination basée sur les valeurs efficaces est également exigée, voir 26.104 et Tableau 105.

Un tiret (-) dans le tableau indique qu'une ligne de fuite pour cette fréquence n'est pas spécifiée. Ces valeurs sont à l'étude.

**Tableau 108 – Isolation double ou renforcée –
Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 1)**

Tension locale	Ligne de fuite (mm)												
$U_{cr\grave{e}te}(kV)^a$	30 kHz < f < 100 kHz	f < 150 kHz	f < 200 kHz	f < 300 kHz	f < 400 kHz	f < 500 kHz	f < 600 kHz	f < 700 kHz	f < 800 kHz	f < 900 kHz	f < 1 MHz	f < 2 MHz	f < 3 MHz
0,1	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60
0,2	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	5,60
0,3	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,60	40,00
0,4	0,25	0,26	0,26	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38	0,49	0,59	0,70	9,00	-
0,5	0,37	0,37	0,38	0,44	0,50	0,60	0,70	0,80	1,53	2,27	3,00	40,00	-
0,6	0,53	0,54	0,54	0,67	0,80	1,10	1,40	1,70	4,47	7,23	10,00	-	-
0,7	0,72	0,74	0,76	1,06	1,36	2,17	2,99	3,80	15,87	27,93	40,00	-	-
0,8	0,90	1,00	1,10	1,65	2,20	4,00	5,80	7,60	-	-	-	-	-
0,9	1,05	1,35	1,64	2,72	3,80	8,33	12,87	17,40	-	-	-	-	-
1	1,20	1,75	2,30	4,15	6,00	16,00	26,00	36,00	-	-	-	-	-
1,1	1,37	2,38	3,40	6,70	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	1,70	3,25	4,80	10,60	16,40	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	2,40	4,70	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	3,30	6,65	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	4,60	9,60	14,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	6,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	8,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	12,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a La tension dans cette colonne est la tension crête la plus élevée de la tension de haute fréquence. Cette tension peut survenir au travers de l'isolation entre le circuit primaire et le circuit secondaire à la tension primaire assignée et dans des conditions normales de fonctionnement. Le circuit secondaire est relié à la terre pour la mesure de cette tension. Les transitoires sont inclus.

^a La tension dans cette colonne est la tension crête la plus élevée de la tension de haute fréquence. Cette tension peut survenir au travers de l'isolation entre le circuit primaire et le circuit secondaire à la tension primaire assignée et dans des conditions normales de fonctionnement. Le circuit secondaire est relié à la terre pour la mesure de cette tension. Les transitoires sont inclus.

L'interpolation est permise.

Si la valeur de la ligne de fuite est plus courte que la distance d'isolement, la valeur de la distance d'isolement est exigée pour la ligne de fuite

La tension locale crête comprend de petites crêtes, voir 26.105. Une détermination basée sur les valeurs efficaces est également exigée, voir 26.104 et Tableau 105.

Un tiret (-) dans le tableau indique qu'une ligne de fuite pour cette fréquence n'est pas spécifiée. Ces valeurs sont à l'étude.

**Tableau 109 – Isolation double ou renforcée –
Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence
(degré de pollution 2)**

Tension locale	Ligne de fuite (mm)												
$U_{\text{crête}}(\text{kV})^a$	30 kHz < f < 100 kHz	f < 150 kHz	f < 200 kHz	f < 300 kHz	f < 400 kHz	f < 500 kHz	f < 600 kHz	f < 700 kHz	f < 800 kHz	f < 900 kHz	f < 1 MHz	f < 2 MHz	f < 3 MHz
0,1	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,72
0,2	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	6,72
0,3	0,20	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	1,92	48,00
0,4	0,30	0,31	0,31	0,34	0,36	0,39	0,42	0,46	0,58	0,71	0,84	10,80	-
0,5	0,44	0,45	0,46	0,53	0,60	0,72	0,84	0,96	1,84	2,72	3,60	48,00	-
0,6	0,64	0,64	0,65	0,80	0,96	1,32	1,68	2,04	5,36	8,68	12,00	-	-
0,7	0,86	0,89	0,91	1,27	1,63	2,61	3,58	4,56	19,04	33,52	48,00	-	-
0,8	1,08	1,20	1,32	1,98	2,64	4,80	6,96	9,12	-	-	-	-	-
0,9	1,26	1,61	1,97	3,26	4,56	10,00	15,44	20,88	-	-	-	-	-
1	1,44	2,10	2,76	4,98	7,20	19,20	31,20	43,20	-	-	-	-	-
1,1	1,64	2,86	4,08	8,04	12,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	2,04	3,90	5,76	12,72	19,68	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	2,88	5,64	8,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	3,96	7,98	12,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	5,52	11,52	17,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	7,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	10,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	14,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a La tension dans cette colonne est la tension crête la plus élevée de la tension de haute fréquence. Cette tension peut survenir au travers de l'isolation entre le circuit primaire et le circuit secondaire à la tension primaire assignée et dans des conditions normales de fonctionnement. Le circuit secondaire est relié à la terre pour la mesure de cette tension. Les transitoires sont inclus.

^a La tension dans cette colonne est la tension crête la plus élevée de la tension de haute fréquence. Cette tension peut survenir au travers de l'isolation entre le circuit primaire et le circuit secondaire à la tension primaire assignée et dans des conditions normales de fonctionnement. Le circuit secondaire est relié à la terre pour la mesure de cette tension. Les transitoires sont inclus.

L'interpolation est permise.

Si la valeur de la ligne de fuite est plus courte que la distance d'isolement, la valeur de la distance d'isolement est exigée pour la ligne de fuite.

La tension locale crête comprend de petites crêtes, voir 26.105. Une détermination basée sur les valeurs efficaces est également exigée, voir 26.104 et Tableau 105.

Un tiret (-) dans le tableau indique qu'une ligne de fuite pour cette fréquence n'est pas spécifiée. Ces valeurs sont à l'étude.

**Tableau 110 – Isolation double ou renforcée –
Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 3)**

Tension locale $U_{\text{crête}}(\text{kV})^a$	Ligne de fuite (mm)												
	30 kHz < f < 100 kHz	f < 150 kHz	f < 200 kHz	f < 300 kHz	f < 400 kHz	f < 500 kHz	f < 600 kHz	f < 700 kHz	f < 800 kHz	f < 900 kHz	f < 1 MHz	f < 2 MHz	f < 3 MHz
0,1	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84
0,2	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42	7,84
0,3	0,23	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	2,24	56,00
0,4	0,35	0,36	0,36	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53	0,68	0,83	0,98	12,60	-
0,5	0,51	0,52	0,53	0,62	0,70	0,84	0,98	1,12	2,15	3,17	4,20	56,00	-
0,6	0,75	0,75	0,76	0,94	1,12	1,54	1,96	2,38	6,25	10,13	14,00	-	-
0,7	1,00	1,03	1,06	1,48	1,90	3,04	4,18	5,32	22,21	39,11	56,00	-	-
0,8	1,26	1,40	1,54	2,31	3,08	5,60	8,12	10,64	-	-	-	-	-
0,9	1,47	1,88	2,30	3,81	5,32	11,67	18,01	24,36	-	-	-	-	-
1	1,68	2,45	3,22	5,81	8,40	22,40	36,40	50,40	-	-	-	-	-
1,1	1,91	3,34	4,76	9,38	14,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	2,38	4,55	6,72	14,84	22,96	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	3,36	6,58	9,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	4,62	9,31	14,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	6,44	13,44	20,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	8,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	12,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	17,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a La tension dans cette colonne est la tension crête la plus élevée de la tension de haute fréquence. Cette tension peut survenir au travers de l'isolation entre le circuit primaire et le circuit secondaire à la tension primaire assignée et dans des conditions normales de fonctionnement. Le circuit secondaire est relié à la terre pour la mesure de cette tension. Les transitoires sont inclus.

L'interpolation est permise.

Si la valeur de la ligne de fuite est plus courte que la distance d'isolement, la valeur de la distance d'isolement est exigée pour la ligne de fuite

La tension locale crête comprend de petites crêtes, voir 26.105. Une détermination basée sur les valeurs efficaces est également exigée, voir 26.104 et Tableau 105.

Un tiret (-) dans le tableau indique qu'une ligne de fuite pour cette fréquence n'est pas spécifiée. Ces valeurs sont à l'étude.

26.106 Distance à travers l'isolation

A la place d'un essai de décharge partielle avec une tension de haute fréquence, la distance à travers l'isolation peut être vérifiée en calculant le champ électrique et en s'assurant qu'il est en dessous des limites suivantes. Cette méthode peut être utilisée seulement si les conditions suivantes sont remplies:

- fréquence maximale est inférieure à 10 MHz;
- intensité de champ approximativement uniforme et ne dépassant pas les valeurs spécifiées dans la Figure 103 et;
- pas de vide ni d'espace/entrefer entre l'isolation solide.

NOTE 1 Le texte suivant de ce paragraphe et schéma est issu du 6.3 de la CEI 60664-4 (2005).

Pour des couches épaisses d'isolation solide de $d_1 \geq 0,75$ mm, la valeur crête de l'intensité du champ E doit être égale ou inférieure à la limite de 2 kV/mm.

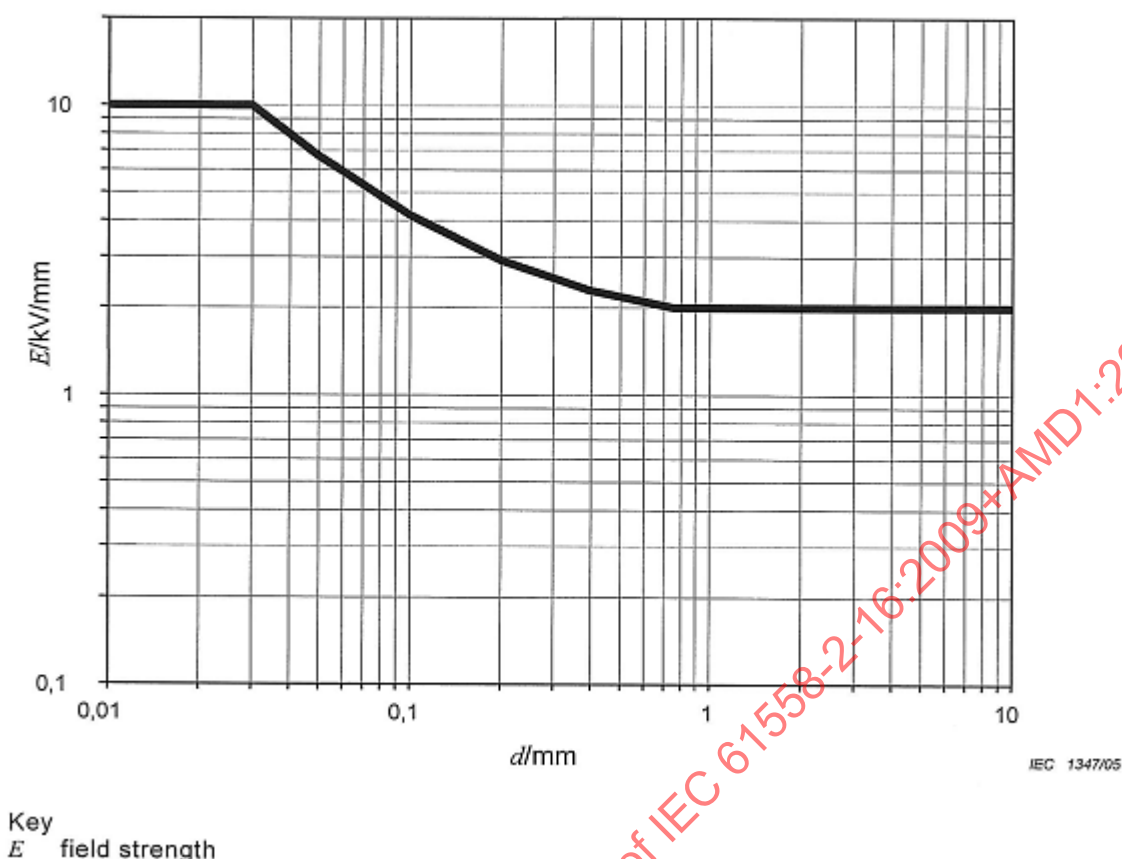
Pour des couches fines d'isolation solide de $d_2 \leq 30$ µm, la valeur crête de l'intensité du champ doit être égale ou inférieure à la limite de 10 kV/mm.

Pour $d_1 > d > d_2$, l'équation suivante doit être utilisée pour le calcul de la valeur crête de l'intensité du champ d'après l'épaisseur d (voir aussi la Figure 103). L'intensité du champ E calculée doit être égale ou inférieure à la limite donnée par l'équation suivante.

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

où d est la distance à travers l'isolation.

NOTE 2 Dans ce contexte, le champ électrique est considéré comme étant approximativement uniforme si les écarts sont inférieurs à ± 20 % par rapport à la valeur moyenne de l'intensité de champ.



L'utilisation de l'intensité du champ pour le dimensionnement de l'isolation solide nécessite une distribution approximativement uniforme du champ exempt de vide ou d'entrefer. Si l'intensité du champ ne peut pas être calculée (parce que le champ n'est pas uniforme) ou si la valeur crête est plus élevée que celle donnée par l'Equation (1) ou par la Figure 103 respectivement ou si la présence de vide ou d'entrefer ne peut pas être exclue ou pour des fréquences supérieures à 10 MHz, un essai de résistance ou un essai de décharge partielle (PD-test) avec une tension de haute fréquence est nécessaire. Le premier essai s'applique aux contraintes de courte durée, le second s'applique aux contraintes de longue durée d'après le 5.3.2.2. de la Partie 1.

Figure 103 – Intensité de champ admissible pour le dimensionnement de l'isolation solide d'après l'Equation (1)

26.107 Pour les **transformateurs** avec fils **FIW**, l'essai suivant est exigé:

Pour l'essai sur l'enroulement **FIW** au niveau du transformateur final, trois éprouvettes doivent être utilisées.

Les éprouvettes doivent être soumises 10 fois à la séquence suivante de cycles de température:

- 68 h à la température d'enroulement la plus élevée ± 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.

Lors de chaque essai de cycle thermique, une tension égale au double de la valeur de la tension de fonctionnement à 50 Hz ou 60 Hz doit être appliquée aux éprouvettes entre les enroulements lorsque les valeurs réduites s'appliquent.

Deux des trois éprouvettes sont alors soumises au traitement d'humidité du 17.2 (traitement de 48 h) et à l'essai de rigidité diélectrique correspondant du 18.3.

Une des trois éprouvettes doit être soumise à l'essai de rigidité diélectrique correspondant du 18.3 immédiatement à la fin de la dernière période à la température la plus élevée au cours de l'essai de cycle thermique.

L'essai de décharge partielle doit être réalisé à la fin de l'essai de cycle à la température ambiante normale selon la description de 18.101.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

Tableau 111 – Valeurs des fils FIW présentant un diamètre total maximal et des tensions d'essai minimales en fonction de l'augmentation de l'émail

Calculation of test voltage for further FIW diameters : (Overall dia - copper dia) / 2 = Insulation thickness (µm)																	sheet	1
Insulation thickness (µm) * Voltage strength per µm = minimum voltage strength for FIW design		Voltage strength for basic, supplementary or reinforced insulation at FIW wire																
Nominal FIW copper diameter	value acc. table 7 IEC 60317-0-7:2012	Maximum overall FIW diameter including insulation																
		FIW 3	FIW 4	FIW 5	FIW 6	FIW 7	FIW 8	FIW 9	FIW 3	FIW 4	FIW 5	FIW 6	FIW 7	FIW 8	FIW 9			
mm	V/µm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	V	V	V	V	V	V	V			
0,04	56	0,058	0,069	0,079	0,089	0,099	0,109		504	812	1092	1372	1652	1932				
0,045	56	0,066	0,078	0,089	0,100	0,111	0,122		588	924	1232	1540	1848	2156				
0,05	56	0,072	0,083	0,094	0,105	0,116	0,127		616	924	1232	1540	1848	2156				
0,056	56	0,081	0,092	0,104	0,116	0,128	0,140		700	1008	1344	1680	2016	2352				
0,063	56	0,090	0,102	0,115	0,128	0,141	0,154		756	1092	1456	1820	2184	2548				
0,071	56	0,098	0,110	0,123	0,136	0,149	0,162	0,175	756	1092	1456	1820	2184	2548	2912			
0,08	56	0,108	0,122	0,136	0,150	0,164	0,178	0,192	784	1176	1568	1960	2352	2744	3136			
0,09	56	0,120	0,134	0,148	0,162	0,176	0,190	0,204	840	1232	1624	2016	2408	2800	3192			
0,1	56	0,132	0,148	0,164	0,180	0,196	0,212	0,228	896	1344	1792	2240	2688	3136	3584			
0,112	53	0,147	0,164	0,181	0,198	0,215	0,232	0,249	928	1378	1829	2279	2730	3180	3631			
0,125	53	0,163	0,181	0,199	0,217	0,235	0,253	0,271	1007	1484	1961	2438	2915	3392	3869			
0,14	53	0,181	0,201	0,221	0,241	0,261	0,281	0,301	1087	1617	2147	2677	3207	3737	4267			
0,16	53	0,205	0,227	0,249	0,271	0,293	0,315	0,337	1193	1776	2359	2942	3525	4108	4691			
0,18	53	0,229	0,253	0,277	0,301	0,325	0,349	0,373	1299	1935	2571	3207	3843	4479	5115			
0,2	53	0,252	0,277	0,302	0,327	0,352	0,377	0,402	1378	2041	2703	3366	4028	4691	5353			
0,224	53	0,280	0,307	0,334	0,361	0,388	0,415	0,442	1484	2200	2915	3631	4346	5062	5777			
0,25	53	0,312	0,342	0,372	0,402	0,432	0,462	0,492	1643	2438	3233	4028	4823	5618	6413			
0,28	53	0,345	0,376	0,407	0,438	0,469	0,500	0,531	1723	2544	3366	4187	5009	5830	6652			
0,315	53	0,384	0,415	0,446	0,477	0,508	0,539	0,570	1829	2650	3472	4293	5115	5936	6758			
0,355	49	0,428	0,459	0,490	0,521	0,552	0,583	0,614	1789	2548	3308	4067	4827	5586	6346			
0,4	49	0,478	0,509	0,540	0,571	0,602	0,633		1911	2671	3430	4190	4949	5709				
0,45	49	0,533	0,564	0,595	0,626	0,657	0,688		2034	2793	3553	4312	5072					
0,5	49	0,587	0,628	0,669	0,710	0,751			2132	3136	4141	5145	6150					
0,56	37	0,653	0,694	0,735	0,776	0,817			1721	2479	3233	3996	4755					
0,63	37	0,728	0,769	0,810	0,851	0,892			1813	2572	3330	4089	4847					
0,71	37	0,814	0,855	0,896	0,937	0,978			1924	2683	3441	4200	4958					
0,8	37	0,911	0,962	1,013	1,064				2054	2997	3941	4884						
0,9	37	1,018	1,069	1,120	1,171				2183	3127	4070	5014						
1	37	1,124	1,175	1,226	1,277				2294	3238	4181	5125						
1,12	33	1,248	1,309	1,370					2112	3119	4125							
1,25	33	1,381	1,442	1,503					2162	3168	4175							
1,4	33	1,535	1,596	1,657					2228	3234	4241							
1,6	33	1,740	1,801	1,862					2310	3317	4323							

Anglais	Français
Calculation of test voltage for further FIW diameters	Calcul de la tension d'essai pour d'autres diamètres FIW
(Overall dia – copper dia) / 2 = insulation thickness (µm)	(Diamètre total – diamètre cuivre) / 2 = épaisseur d'isolation (µm)
Insulation thickness (µm) * voltage strength per µm = minimum voltage strength for FIW design	Épaisseur d'isolation (µm) * tenue en tension par µm = tenue minimale en tension pour conception FIW
sheet	feuille
Nominal FIW copper diameter	Diamètre nominal cuivre FIW
Value acc. table 7	Valeur selon tableau 7
Maximum overall FIW diameter including insulation	Diamètre total maximal du FIW incluant l'isolation
Voltage strength for basic or reinforced insulation per FIW wire	Tenue en tension pour isolation principale ou renforcée par fil FIW

Il s'agit de calculer les valeurs de la tenue en tension autorisée pour d'autres dimensions de **FIW** que celles définies au Tableau 111, selon la formule suivante:

$$V = \frac{d_a - d_{cu}}{2} \times U \times 10^3$$

où

d_a est le diamètre total maximal en (mm);

d_{cu} est le diamètre nominal du cuivre en (mm);

U est la valeur de la tension selon le Tableau 7 de la CEI 60317-0-7:2012 (voir colonne 2) en (V/µm);

V est la tenue en tension autorisée pour un fil **FIW** en (V).

Les valeurs supérieures de tension, fondées sur "l'augmentation de l'émail" du Tableau 7 de la CEI 60317-0-7:2012, sont à l'étude.

27 Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

27.2 ne s'applique pas

28 Protection contre la rouille

L'article de la Partie 1 est applicable.

Annexes

Les annexes de la Partie 1 sont applicables à l'exception de ce qui suit:

Remplacement de l'Annexe K :

Annexe K (normative)

Fils de bobinage isolés

K.1 Généralités

La présente annexe spécifie quels sont les fils de bobinage de l'isolation qui peuvent être utilisés pour fournir une **isolation principale, supplémentaire, double ou renforcée** dans les composants bobinés. Pour plus de détails sur la construction, voir 19.12.3.

La présente annexe s'applique aux fils de bobinage circulaires solides et aux fils de bobinage câblés présentant des diamètres compris entre 0,05 mm et 5,0 mm ainsi qu'aux fils de bobinage carrés solides et rectangulaires solides (pliage à plat) de section transversale équivalente (0,002 à 19,6 mm²).

Si le fil est isolé avec deux couches ou plus de ruban enroulées en spirale, le recouvrement des couches doit être adapté afin d'assurer un recouvrement continu durant la fabrication du composant bobiné. Les couches d'isolation de fil enroulées en spirale doivent avoir une fixation suffisante pour maintenir le recouvrement.

K.2 Essais de type

K.2.1 Généralités

Le fil de bobinage doit satisfaire aux **essais de type** suivants, réalisés à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et une humidité relative comprise entre 25 % et 75 %, sauf spécification contraire.

K.2.2 Rigidité diélectrique

K.2.2.1 Fils de bobinage circulaires solides et fils de bobinage câblés

L'échantillon d'essai est préparé conformément au 4.4.1 de la CEI 60851-5:2008 (paire torsadée). L'échantillon est ensuite soumis à l'essai de rigidité diélectrique du 18.3 de la présente norme avec une valeur minimale de tension d'essai de:

- 6 kV en valeur efficace, pour une **isolation renforcée**, ou
- 3 kV en valeur efficace pour une **isolation principale** ou une **isolation supplémentaire**.

K.2.2.2 Fils carrés ou rectangulaires

L'échantillon d'essai est préparé conformément au 4.7.1 de la CEI 60851-5:2008 (conducteur simple entouré de billes de métal). L'échantillon est ensuite soumis à l'essai de rigidité diélectrique du 18.3 de la présente norme, avec une tension d'essai minimale de:

- 5,5 kV en valeur efficace, pour une **isolation renforcée**, ou
- 2,75 kV en valeur efficace pour une **isolation principale** ou une **isolation supplémentaire**.

K.2.3 Souplesse et adhérence

Le 5.1 (de l'Essai 8) de la CEI 60851-3:2009 doit être utilisé, en appliquant les diamètres de mandrin du Tableau K.1 La tension d'essai est appliquée entre le fil et le mandrin.

L'échantillon d'essai est ensuite examiné conformément au 5.1.1.4 de la CEI 60851-3:2009, puis il est soumis à l'essai de rigidité diélectrique du 18.3 de la présente norme, avec une tension d'essai minimale de:

- 5,5 kV en valeur efficace, pour une **isolation renforcée**, ou
- 2,75 kV en valeur efficace pour une **isolation principale** ou une **isolation supplémentaire**.

La tension d'essai est appliquée entre le fil et le mandrin.

Tableau K.1 – Diamètre du mandrin

Épaisseur ou diamètre nominal du conducteur mm jusqu'à mais non compris	Diamètre du mandrin mm
0,35	$4,0 \pm 0,2$
0,50	$6,0 \pm 0,2$
0,75	$8,0 \pm 0,2$
2,50	$10,0 \pm 0,2$
5,00	Quatre fois le diamètre ou l'épaisseur du conducteur ^a
^a Conformément à la CEI 60317-43.	

La tension à appliquer sur le fil durant l'enroulement sur le mandrin est calculée à partir du diamètre du fil équivalent à $118 \text{ MPa} \pm 10 \%$ ($118 \text{ N/mm}^2 \pm 10 \%$).

Le pliage de chant sur le plus petit côté (largeur) n'est pas exigé pour un fil rectangulaire. Pour l'essai d'enroulement sur le mandrin du fil carré et rectangulaire, il n'est pas nécessaire que deux spires adjacentes soient mutuellement en contact.

K.2.4 Choc thermique

L'échantillon d'essai doit être préparé conformément au 3.1.1 (dans l'Essai 9) de la CEI 60851-6:1996; il est ensuite soumis à l'essai de rigidité diélectrique du 18.3 de la présente norme, avec une tension d'essai minimale de:

- 5,5 kV en valeur efficace pour une **isolation renforcée**, ou
- 2,75 kV en valeur efficace pour une **isolation principale** ou une **isolation supplémentaire**.

La tension d'essai est appliquée entre le fil et le mandrin. La température du four est la température correspondante de la classe thermique d'isolation du Tableau K.2. Le diamètre du mandrin et la tension appliquée au fil durant l'enroulement sur le mandrin sont conformes aux valeurs indiquées dans le Tableau K.1. La tension d'essai est appliquée entre le fil et le mandrin.

L'essai de rigidité diélectrique est effectué à la température ambiante après retrait du four.

Tableau K.2 – Température du four

Classe thermique	Classe 105 (A)	Classe 120 (E)	Classe 130 (B)	Classe 155 (F)	Classe 180 (H)
Température du four °C	200	215	225	250	275

Le pliage de chant sur le plus petit côté (largeur) n'est pas exigé pour un fil rectangulaire.

NOTE Le 3.1.2 dans l'Essai 9 de la CEI 60851-6:1996 n'est pas utilisé pour les fils de bobinage carrés solides et rectangulaires solides.

K.2.5 Rétention de la rigidité diélectrique après le pliage

Cinq échantillons sont préparés suivant K.2.3 et soumis aux essais de la façon suivante. Chaque échantillon est retiré du mandrin, placé dans un bac de façon à ce qu'il puisse être entouré d'au moins 5 mm de billes de métal. Les extrémités du conducteur dans l'échantillon doivent être suffisamment longues pour éviter un contournement. Les billes ne doivent pas dépasser 2 mm de diamètre et doivent se composer de boules d'acier inoxydable, de nickel ou de fer nickelé. Les billes sont introduites doucement dans le bac jusqu'à recouvrir l'échantillon en essai avec moins 5 mm de billes. Les billes doivent être nettoyées régulièrement à l'aide d'un solvant adapté.

NOTE La procédure d'essai ci-dessus est reproduite d'après le 4.6.1 c) de la CEI 60851-5:1988, mais elle n'est pas incluse dans la quatrième édition (2008) de la présente norme.

Les échantillons doivent être soumis à l'essai de rigidité diélectrique du 18.3 de la présente norme, avec une tension d'essai minimale de:

- 5,5 kV en valeur efficace, pour une **isolation renforcée**, ou
- 2,75 kV en valeur efficace pour une **isolation principale** ou une **isolation supplémentaire**.

Le diamètre du mandrin et la tension appliquée au fil au cours de l'enroulement sur le mandrin sont conformes aux valeurs données dans le K.2.

K.3 Essais en cours de fabrication

K.3.1 Généralités

Le fil doit être soumis par le constructeur du fil aux essais de rigidité diélectrique en cours de fabrication suivant les spécifications de K.3.2 et K.3.3.

K.3.2 Essai individuel de série

La tension d'essai pour l'essai individuel de série doit être conforme à l'essai de rigidité diélectrique du 18.3 de la présente norme, avec une valeur minimale de:

- 4,2 kV en valeur efficace, pour une **isolation renforcée**, ou
- 2,1 kV en valeur efficace pour une **isolation principale** ou une **isolation supplémentaire**.

K.3.3 Essai d'échantillonnage

K.3.3.1 Fils de bobinage circulaires solides et fils de bobinage câblés

Les échantillons de paires torsadées doivent être soumis aux essais conformément au 4.4.1 de la CEI 60851-5:2008. La tension d'essai doit être conforme à l'essai de rigidité diélectrique du 18.3 de la présente norme, avec une valeur minimale de:

- 6 kV en valeur efficace, pour une **isolation renforcée**, ou

- 3 kV en valeur efficace pour une **isolation principale** ou une **isolation supplémentaire**.

K.3.3.2 Fil carré ou rectangulaire

L'échantillon d'essai est préparé conformément au 4.7.1 de la CEI 60851-5:2008. L'échantillon est ensuite soumis à l'essai de rigidité diélectrique du 18.3. La tension d'essai doit être conforme à l'essai de rigidité diélectrique du 18.3 de la présente norme, avec une valeur minimale de:

- 5,5 kV en valeur efficace, pour une **isolation renforcée**, ou
- 3 kV en valeur efficace pour une **isolation principale** ou une **isolation supplémentaire**.

Addition:

Annexe AA (informative)

Essai de Décharge Partielle (PD-test)

Un essai de décharge partielle destiné à être utilisé pour un essai de boîte noire est à l'étude.

Annexe BB (normative)

Exigences particulières pour les transformateurs associés destinés aux alimentations à découpage avec des fréquences internes > 500 Hz

BB.0 Introduction

La présente annexe est applicable uniquement pour les essais séparés des transformateurs associés destinés aux alimentations à découpage avec des fréquences internes > 500 Hz.

L'utilisation de la présente annexe n'est pas nécessaire si le SMPS comprenant le transformateur est conforme à la présente norme.

NOTE Cette annexe remplace la CEI 61558-2-17:1997.

BB.1 Domaine d'application

L'article de la présente partie est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

La présente Annexe BB s'applique aux transformateurs associés pour des **alimentations à découpage** monophasées ou polyphasées, à refroidissement par air **avec des fréquences internes supérieures à 500 Hz**.

- transformateurs d'isolement à enroulements séparés;
- transformateurs de séparation des circuits;
- transformateurs de sécurité,

ayant une **tension primaire assignée** inférieure à 1 000 V en courant alternatif et une **fréquence assignée** supérieure à 500 Hz mais inférieure à 100 MHz, et une **puissance assignée** inférieure à:

- 25 kVA pour les transformateurs monophasés;
- 40 kVA pour les transformateurs polyphasés.

Cette norme est applicable aux **transformateurs secs**. Les enroulements peuvent être enrobés ou non enrobés.

BB.4 Exigences générales

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

BB.4.2 Remplacement:

*Les transformateurs pour **alimentations à découpage** doivent être conformes aux sections correspondantes de la CEI 61558-1 et de la présente norme, et leurs conditions d'utilisation dans l'appareil ou l'équipement doivent être conformes à leur marquage. Cependant, les transformateurs associés pour alimentations à découpage utilisés dans un appareil ou équipement pour lesquels une norme existe peuvent être testés dans les conditions présentes dans l'appareil ou l'équipement pour lesquels ils sont prévus.*

*En conséquence, de tels transformateurs pour **alimentations à découpage** doivent être conformes aux articles, paragraphes ou parties de celles-ci.*

1 - 2 - 3 - 4 - 5.1 - 5.2 - 5.3 - 5.4 - 5.5 - 5.6 - 5.7 - 5.15 - 7.2 - 7.5 - 8.2 - 8.11 - 14.2 - 14.3 - 18.1 - 18.2 - 18.3 - **18.102** - 19.1 - 19.12 - 26.1 - 26.2 - 26.3 - 26.101 - 26.102 - 26.103 - 26.104 - 26.105 - 26.106 - **26.107** - Annexes A, C, D, E, G, K, L, M, N, P, R, W

Les autres articles doivent être couverts par la norme produit correspondante. Si la norme produit ne couvre pas complètement les articles restants, on utilisera à la place les articles manquants correspondants de la présente norme de **transformateurs**.

BB.6 Caractéristiques assignées

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

BB.6.101 La tension secondaire à vide ne doit pas dépasser:

- 1 000 V en courant alternatif pour les **transformateurs d'isolement à enroulements séparés**. Les valeurs préférentielles en courant alternatif de la **tension secondaire assignée** étant: 72 V, 120 V, 230 V, 400 V, 440 V et 660 V.
- 500 V en courant alternatif pour les transformateurs de séparation des circuits. Les valeurs préférentielles en courant alternatif de la **tension secondaire assignée** étant: 72 V, 120 V, 230 V, 400 V et 440 V.
- 50 V en courant alternatif pour les **transformateurs de sécurité**, pour le courant alternatif, les valeurs préférentielles de la **tension secondaire assignée** sont: 6 V, 12 V, 24 V, 42 V et 48 V.

BB.6.102 La puissance assignée ne doit pas dépasser:

- 1 kVA pour les **transformateurs d'isolement à enroulements séparés** monophasés et 5 kVA pour les polyphasés.

- 10 kVA pour les **transformateurs de séparation des circuits** monophasés et 16 kVA pour les polyphasés.
- 25 kVA pour les **transformateurs de sécurité** monophasés et 40 kVA pour les polyphasés, excepté pour les **transformateurs d'isolement à enroulements séparés**, les **transformateurs de séparation des circuits** et les **transformateurs de sécurité** utilisés dans les **alimentations à découpage** qui font l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

BB.6.103 La gamme de **fréquences assignées** doit être comprise entre 500 Hz et 100 MHz.

BB.6.104 La **tension primaire assignée** ne doit pas dépasser 1 000 V en courant alternatif.

Bibliographie

La bibliographie de la Partie 1 est applicable, à l'exception de ce qui suit

Addition:

CEI 61800-5-1, *Entraînements électriques de puissance à vitesse variable – Partie 5-1: Exigences de sécurité – Électrique, thermique et énergétique*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

FINAL VERSION

VERSION FINALE



GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

**Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V –
Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units**

**Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V –
Partie 2-16: Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION TO THE AMENDMENT.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	9
3 Terms and definitions	10
4 General requirements	11
5 General notes on tests.....	11
6 Ratings.....	11
7 Classification	11
8 Marking and other information.....	11
9 Protection against electric shock.....	13
10 Change of input voltage setting	14
11 Output voltage and output current under load	14
12 No-load output voltage	14
13 Short circuit voltage	15
14 Heating.....	15
15 Short-circuit and overload protection	15
16 Mechanical strength.....	16
17 Protection against harmful ingress of dust, solid objects and moisture.....	16
18 Insulation resistance, dielectric strength and leakage current	16
19 Construction	17
20 Components	24
21 Internal wiring.....	24
22 Supply connection and other external flexible cables or cords.....	24
23 Terminals for external conductors	24
24 Provisions for protective earthing	24
25 Screws and connections	24
26 Creepage distances, clearances and distances through insulation	24
27 Resistance to heat, fire and tracking	40
28 Resistance to rusting	40
Annexes.....	41
Annex K (normative) Insulated winding wires	41
Annex AA (informative) Partial discharge (PD) test	44
Annex BB (normative) Particular requirements for associated transformers for use in switch mode power supplies with internal frequencies > 500 Hz	44
Bibliography	46
Figure 101 – Diagram for dimensioning of clearances.....	26
Figure 102 – Diagram of dimensioning creepage distances.....	29

Figure 103 – Permissible field strength for dimensioning of solid insulation according to Equation (1)	37
Figure 104 – Test voltages	17
Table 101 – Output voltages ratio	15
Table 102 – Values of clearances for frequencies > 30 kHz with approximately homogeneous field condition according to 4.3 of IEC 60664-4	26
Table 103 – Values of clearances for transient overvoltages or recurring peak voltages produced in the primary circuit of the SMPS for frequencies ≤ 30 kHz	27
Table 104 – Minimum values of clearances in air for inhomogeneous field conditions for frequency > 30 kHz	27
Table 105 – Basic or supplementary insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 1)	30
Table 106 – Basic or supplementary insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 2)	31
Table 107 – Basic or supplementary insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 3)	32
Table 108 – Double or reinforced insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 1)	33
Table 109 – Double or reinforced insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 2)	34
Table 110 – Double or reinforced insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 3)	35
Table 111 – Values of FIW wires with maximum overall diameter and minimum test voltages according to enamel increase	39
Table K.1 – Mandrel diameter	42
Table K.2 – Oven temperature	42

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY OF TRANSFORMERS, REACTORS, POWER SUPPLY UNITS
AND SIMILAR PRODUCTS FOR SUPPLY VOLTAGES UP TO 1 100 V –****Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply
units and transformers for switch mode power supply units**

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.

This Consolidated version of IEC 61558-2-16 bears the edition number 1.1. It consists of the first edition (2009) [documents 96/330/FDIS and 96/333/RVD] and its amendment 1 (2013) [documents 96/401/FDIS and 96/405/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

This publication has been prepared for user convenience.

International Standard IEC 61558-2-16 has been prepared by IEC technical committee 96: Transformers, reactors, power supply units and similar products for low voltage up to 1 100 V.

This part has the status of a group safety publication in accordance with IEC Guide 104 (1997): *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications.*

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

This Part 2-16 is intended to be used in conjunction with the latest edition of IEC 61558-1 and its amendments. It is based on the second edition (2005) of that standard. This part supplements or modifies the corresponding clauses in IEC 61558-1, so as to convert that publication into the IEC standard: *Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units*. A list of all parts of the IEC 61558 series can be found on the IEC website under the title: *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V*.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

Where a particular subclause of Part 1 is not mentioned in this part, that subclause applies as far as is reasonable. Where this part states "addition", "modification" or "replacement", the relevant text of Part 1 is to be adapted accordingly. In this part, 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 this part, the words in **bold** are defined in Clause 3. Subclauses, notes, figures and tables additional to those in Part 1 are numbered starting from 101; supplementary annexes are entitled AA, BB, etc.

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

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

NOTE The attention of National Committees is drawn to the fact that equipment manufacturers and testing organizations may need a transitional period following publication of a new, amended or revised IEC publication in which to make products in accordance with the new requirements and to equip themselves for conducting new or revised tests. It is the recommendation of the committee that the content of this publication be adopted for implementation nationally not earlier than 12 months from the date of publication.

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

INTRODUCTION TO THE AMENDMENT

This amendment has been prepared to allow the use of **FIW** wires in SMPS.

The manufacturer should be careful, that during production and transport no damage of the **FIW** wire will be possible.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

SAFETY OF TRANSFORMERS, REACTORS, POWER SUPPLY UNITS AND SIMILAR PRODUCTS FOR SUPPLY VOLTAGES UP TO 1 100 V –

Part 2-16: Particular requirements and tests for switch mode power supply units and transformers for switch mode power supply units

1 Scope

Replacement:

This part of IEC 61558 deals with the safety of **switch mode power supply units** and **transformers** for **switch mode power supply units**. **Transformers** incorporating **electronic circuits** are also covered by this standard.

NOTE 1 Safety includes electrical, thermal and mechanical aspects.

This part applies to:

- a) **switch mode power supply units** incorporating **safety isolating transformers** providing **SELV, PELV or FELV** a.c. or d.c. **output voltage(s)**, or a combination thereof according to IEC 61140 and IEC 60364-4-41 for use with household and other consumer products, except for products covered by IEC 60065, IEC 61347 series, IEC 61204-7 and IEC 60950-1;
- b) **switch mode power supply units** with a maximum **output voltage** not exceeding 1 000 V a.c. or 1 414 V ripple-free d.c. for use with household and other consumer products, except for products covered in a) and products covered by IEC 60065, IEC 61347 series, IEC 61204-7 and IEC 60950-1;
- c) this standard may be used for **transformers** for use in **switch mode power supply units** (see Annex BB).

This part covers the safety requirements for:

- separating SMPS for general use corresponding to Part 2-1;
- isolating SMPS for general use corresponding to Part 2-4;
- safety isolating SMPS for general use corresponding to Part 2-6;
- auto-SMPS for general use corresponding to Part 2-13.

For SMPS for specific application corresponding to the other Parts 2 of 61558 series, the necessary requirements of the relevant Parts 2 are applicable. In addition, the requirements listed in this part apply. Where the two requirements are in conflict, the most severe take precedence.

NOTE 2 As the maximum **rated supply voltage** of the internal **transformer** is 1 000 V, the maximum **rated supply voltage** of the **switch mode power supply** may be lower due to type of rectification.

Switch mode power supply units covered by this standard are air cooled (natural or forced) **independent, associated, stationary, portable**, single-phase, or polyphase, with the **rated supply voltage** not exceeding 1 100 V a.c., the **rated supply frequency** not exceeding 500 Hz, the **rated internal operating frequency** exceeding 500 Hz, but not exceeding 100 MHz, and the **rated output** not exceeding 1 kVA or 1 kW, incorporating **dry-type transformers** with encapsulated or non-encapsulated windings.

Associated transformers for switch mode power supply units covered by Annex BB of this standard shall have a **rated output** not exceeding:

- 25 kVA for single-phase **transformers**;
- 40 kVA for polyphase **transformers**.

NOTE 3 For higher frequencies, additional requirements may be necessary. However, this standard may be used as a guide.

The **no-load output voltage** or the **rated output voltage** of **switch mode power supply units** shall not exceed:

- 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple-free d.c. when **separating transformers** or **auto-transformers** are used;
- 500 V a.c. or 708 V ripple-free d.c. when **isolating transformers** are used;
- 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. when **safety isolating transformers** are used.

The **no-load output voltage** or the **rated output voltage** of **independent switch mode power supply units** shall not be less than:

- 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. when **separating transformers** or **autotransformers** are used.

This standard is also applicable to **switch mode power supply units**, converters and inverters without limitation of the **rated output**. However, such **switch mode power supply units** are for special applications and are subject to an agreement between the purchaser and the manufacturer.

NOTE 4 In the context of this standard, converters and inverters are considered to be **switch mode power supply units**.

This standard may also be used as a guide for products not covered by the scope of this standard, the scope of IEC 61204-7, or the scope of IEC 61347 series.

This standard does not apply to:

- motor-generator sets;
- uninterruptible power supplies (UPS) according to IEC 62040;
- **switch mode power supply units** covered by IEC 61204-7 (i.e., low-voltage power supply devices, d.c. output, performance characteristics) and d.c. power and distribution equipment and **switch mode power supply units** for use in applications covered by IEC 60950-1, IEC 61010-1, IEC 60601-1, and IEC 60065;
- lamp control gear covered by IEC 61347-1;
- external circuits and their components intended to be connected to the input terminals and output terminals of the **transformers**.

NOTE 5 IEC 61204-7 will be updated by SC 22E.

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 such as 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 part may be used as a guidance document.

Unless otherwise specified, from here onward, the term **SMPS** covers **switch mode power supply units**.

2 Normative references

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

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

IEC 60317-0-7:2012, *Specifications for particular types of winding wires – Part 0-7: General requirements – Fully insulated (FIW) zero-defect enamelled round copper wire with nominal conductor diameter of 0,040 mm to 1,600 mm*

IEC 60317-43, *Specifications for particular types of winding wires – Part 43: Aromatic polyimide tape wrapped round copper wire, class 240*

IEC 60317-56, *Specifications for particular types of winding wires – Part 56: Solderable fully insulated (FIW) zero-defect polyurethane enamelled round copper wire with nominal conductor diameter 0,040 mm to 1,600 mm, class 180*

IEC 60364-4-41, *Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock*

IEC 60601-1, *Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for basic safety and essential performance*

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

IEC 60851-3:2009, *Winding wires – Test methods – Part 3: Mechanical properties*

IEC 60851-5:2008, *Winding wires – Test methods – Part 5: Electrical properties*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61010-1, *Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – Part 1: General requirements*

IEC 61204-7:2006, *Low voltage power supplies, d.c. output – Part 7: Safety requirements*

IEC 61347 (all parts), *Lamp controlgear*

IEC 61558-1:2005, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 1: General requirements and tests*

IEC 61558-2-1, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products – Part 2-1: Particular requirements and tests for separating transformers and power supplies incorporating separating transformers for general applications*

IEC 61558-2-4, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-4: Particular requirements and tests for isolating transformers and power supply units incorporating isolating transformers*

IEC 61558-2-6, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-6: Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers*

IEC 61558-2-13, *Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1 100 V – Part 2-13: Particular requirements and tests for auto transformers and power supply units incorporating auto transformers*

IEC 62040 (all parts), *Uninterruptible power systems (UPS)*

3 Terms and definitions

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

The term **transformer** in Part 1 also designates a **SMPS** as defined by this part.

In Annex BB of this standard, the term **transformer** applies to a **transformer** for **SMPS**.

In this standard, the actual applicable terms are used.

Replacement

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. The **working voltage** between any point in the circuit supplied by the mains and other isolated parts shall be assumed:

- the rated input voltage, or
- the measured working voltage

whichever is greater

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.

Addition:

3.101

FIW

fully insulated winding wire

wire according to IEC 60317-0-7, IEC 60317-56 and IEC 60851-5:2008 which is a **zero-defect wire** construction

3.102

zero-defect wire

winding wire that exhibits no electrical discontinuities when tested under specific conditions

3.103**grade of FIW**

range of overall diameter of a wire (**FIW3 – FIW9**)

4 General requirements

This clause of Part 1 is applicable.

5 General notes on tests

This clause of Part 1 is applicable.

6 Ratings

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

6.101 The **rated output voltage** shall not exceed:

- 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **separating transformers** or **auto-transformers**;
- 500 V a.c. or 708 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **isolating transformers**;
- 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **safety isolating transformers**.

For **independent SMPS** incorporating **separating transformers** or **auto-transformers**, the **rated output voltage** shall exceed 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. and not exceed 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple-free d.c.

6.102 The **rated output** of the **SMPS** shall not exceed 1 kVA or 1 kW.

NOTE See Annex BB for a **transformer** incorporated in an **SMPS**.

6.103 The **rated supply frequency** shall not exceed 500 Hz.

6.104 The **rated internal operating frequency** shall not exceed 100 MHz.

6.105 The **rated supply voltage** shall not exceed 1 100 V a.c.

Compliance with 6.101 to 6.105 is checked by inspection of the marking.

7 Classification

This clause of Part 1 is applicable.

8 Marking and other information

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

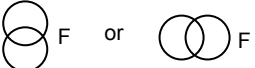
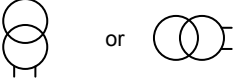
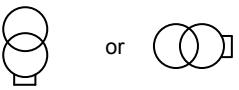
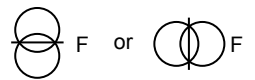
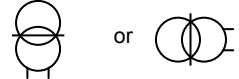
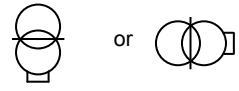
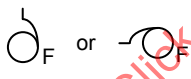
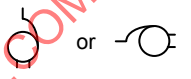
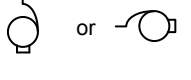
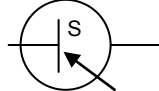
8.1 h) *Replacement:*

relevant graphical symbols shown in 8.11 indicating the kind of **transformer** in addition with the symbol for **SMPS**; 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. The term **transformer** shall be replaced by **SMPS**, except for the marking which applies to **incorporated transformers** and **incorporated SMPS**;

8.11 *Addition:*

The following symbols shall be used to indicate the type of **transformer(s)** that are incorporated:

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

Symbol or graphical symbol	Explanation or title	Identification
	SMPS incorporating a fail-safe separating transformer	
	SMPS incorporating a non-short-circuit-proof separating transformer	IEC 60417-5223 (2002-10)
	SMPS incorporating a short-circuit-proof separating transformer (inherently or non-inherently)	IEC 60417-5223 (2002-10)
	SMPS incorporating a fail-safe isolating transformer	
	SMPS incorporating a non-short-circuit-proof isolating transformer	
	SMPS incorporating a short-circuit-proof isolating transformer (inherently or non-inherently)	
	SMPS incorporating a fail-safe safety isolating transformer	
	SMPS incorporating a non-short-circuit-proof safety isolating transformer	
	SMPS incorporating a short-circuit-proof safety isolating transformer (inherently or non-inherently)	
	SMPS incorporating a fail-safe auto-transformer	
	SMPS incorporating a non-short-circuit proof auto-transformer	
	SMPS incorporating a short-circuit proof auto-transformer (inherently or non-inherently)	
	SMPS (Switch mode power supply unit)	

9 Protection against electric shock

This clause of Part 1 is applicable.

10 Change of input voltage setting

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

Addition:

10.101 A wide range (e.g. 100 V a.c. to 240 V a.c.) of **supply voltage** is allowed if the **output voltage** does not exceed the **rated output voltage** and the **no-load output voltage** does not exceed the limits of the output voltage deviation according to the type of **transformer** feeding the appropriate **output circuit**.

11 Output voltage and output current under load

This clause of Part 1 is applicable.

12 No-load output voltage

This clause of Part 1 is applicable except as follows:

Addition:

The **no-load output voltage** is measured when the **SMPS** is connected to the **rated supply voltage** at the **rated supply frequency** at ambient temperature.

12.101 The **no-load output voltage** shall not exceed:

- 1 000 V a.c. or 1 415 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **separating transformers** or **auto-transformers**;
- 500 V a.c. or 708 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **isolating transformers**;
- 50 V a.c. or 120 V ripple-free d.c. for **SMPS** incorporating **safety isolating transformers**.

For **independent transformers**, this **output voltage** limitation applies even when **output windings**, not intended for interconnection, are connected in series.

12.102 The difference between the **no-load output voltage** and the **output voltage** under rated load shall not be excessive.

*The difference between the **no-load output voltage** measured in this clause and the **output voltage** under load measured during the test of Clause 11, expressed as a percentage of the latter voltage, shall not exceed the values shown in Table 101.*

NOTE 1 The ratio is defined as follows:
$$\frac{U_{\text{no-load}} - U_{\text{load}}}{U_{\text{load}}} \times 100 \%$$

where $U_{\text{no-load}}$ is the no-load output voltage and U_{load} is the output voltage under load.

Table 101 – Output voltages ratio

Type of transformer Rated output VA	Ratio between no-load output voltage and output voltage under load %
Up to and including 63	20
Over 63 up to and including 250	15
Over 250 up to and including 630	10
Over 630	5

Compliance with the requirements of 12.101 and 12.102 is checked by measuring the **no-load output voltage** at the **ambient temperature** when the **SMPS** is connected to the **rated supply voltage** at the **rated supply frequency**.

The difference shall not exceed the values shown in Table 101.

NOTE 2 The values of Table 101 are based on the values of Part 2-4 and are also applicable to **SMPS** according to Part 2-1, 2-6, and 2-13.

12.103 Unless otherwise specified by the manufacturer, **SMPS** with high frequency **output rating** shall be tested with 20 cm to 200 cm length of wire connected to the **output terminals** under the most unfavourable conditions. Two twisted wires or cables rated 60227 IEC 53 may be used. The cross sectional area of the conductors shall be determined according to the **rated output** of the **SMPS**, and the current density shall not exceed 5 A/mm² in normal use.

13 Short circuit voltage

This clause of Part 1 is applicable.

14 Heating

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

14.101 For **SMPS** incorporating **transformers** with internal frequencies higher than 1 kHz, thermocouples or equivalent means of measuring the temperatures may be used to determine the temperature of the windings and the insulating materials.

The maximum values of Table 1 in Part 1 for winding temperatures shall be reduced by 10 °C for the thermocouple measurements. The thermocouples shall be mounted only on accessible surfaces of the incorporated transformers.

NOTE The thermo-couples should not be integrated in the windings.

15 Short-circuit and overload protection

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

15.101 Electronic circuits shall be so designed and applied that a fault condition within the **SMPS** will not cause electric shock, or fire hazard, and unintentional operation of the appliance will not impair safety.

Compliance is checked by evaluation of the fault condition specified in Annex H of Part 1.

16 Mechanical strength

This clause of Part 1 is applicable.

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

This clause of Part 1 is applicable.

18 Insulation resistance, dielectric strength and leakage current

This clause of Part 1 is applicable, except as follows.

18.3 Addition of a new box 5 for Table 8a:

Table 8a – Table of dielectric strength test voltages

Application of dielectric strength test voltage	Working voltage V				
	<50	150	300	600	1 000
5) Over functional insulation for windings intended to be connected in series or parallel	Working voltage + 500 V				

Replacement of the text in footnote a of Table 8a:

^a For construction according to 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.

18.4 does not apply.

Addition:

The term **transformer** shall be replaced by **SMPS** where applicable.

18.101 SMPS shall fulfil the impulse test according to Table F.5 of IEC 60664-1 with 1,2/50 µs as follows:

After the test of 18.3, the **SMPS** shall be connected to the impulse test equipment. The impulse test shall be carried out with 10 impulses of each polarity between the input and output terminals of the **SMPS**. The interval between the impulses shall be at least 1 s if the impulses are produced inside the **SMPS**.

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.

18.102 A partial discharge test according to IEC 60664-1, (test description see below) shall be performed, if **FIW** wires are used and if the recurring peak working voltage U_t across the insulation is greater than 750 V. The relevant recurring peak voltage is the maximum measured voltage between the input and the output circuit of the **SMPS**, if the secondary side is earthed. The measuring shall be done at 1,0 of the maximum rated input voltage.

A partial discharge test shall be done at the transformer for the SMPS with the measured recurring peak voltage U_t , greater than 750 V peak.

U_t is the maximum peak working voltage;

t_1 is 5 s;

t_2 is 15 s.

Partial discharge shall be less than or equal to 10 pC at time t_2 .

The test shall be done according to the following Figure 104.

For other applications higher values may be required (e.g. IEC 61800-5-1).

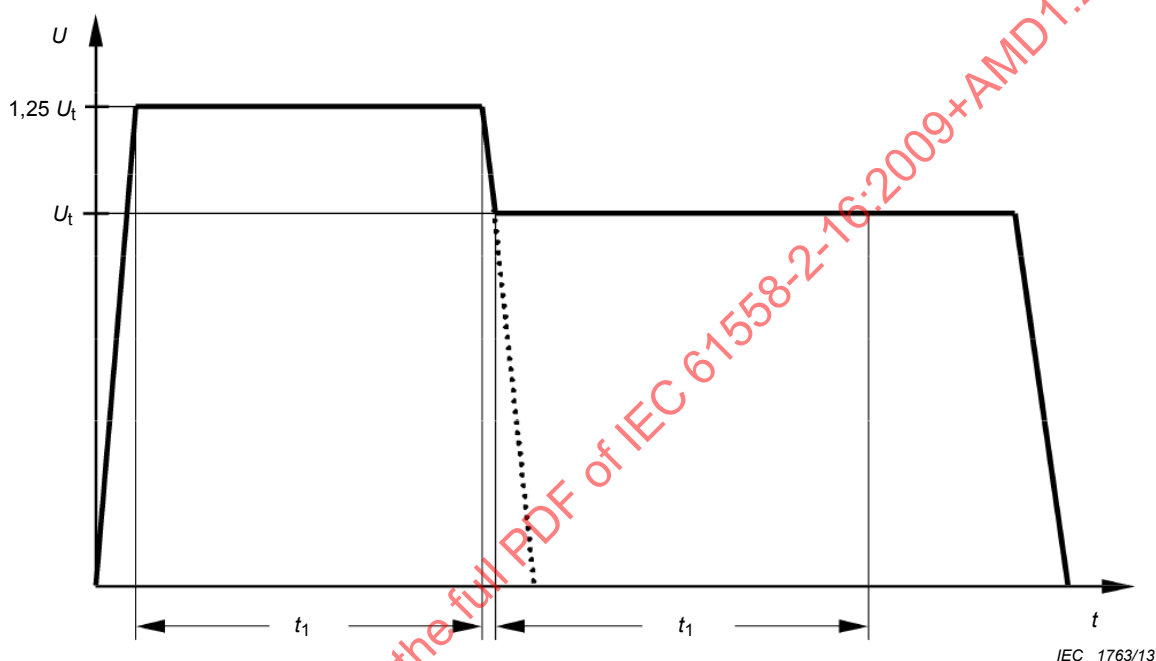


Figure 104 – Test voltages

19 Construction

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

19.1 Replacement:

19.1.1 SMPS incorporating auto-transformers

19.1.1.1 Plug connected **auto-transformers** where the **rated input voltage** is higher than the **rated output voltage**, shall not have any potential to earth at the output socket higher than the **rated output voltage**.

This requirement shall be fulfilled by using one of the following methods:

19.1.1.2 Polarized input and output plug and socket-outlet system

In this case, an instruction shall be given for not using such a transformer with a non-polarised plug and socket-outlet system.

19.1.1.3 Polarity detecting device (for non polarised input and output plug and socket-outlet system)

A polarity detecting device shall only energise the output circuit when the potential to earth at the poles of the output socket does not exceed the **rated output voltage**. The contact separation of the breaking device shall be at least of 3 mm in each pole.

NOTE A magnetic relay is an example of polarity detecting device.

Compliance is checked by the following test:

*The **auto-transformer** is connected to the mains at 1,06 times the **rated input voltage** under the most unfavourable condition of load and output voltage. The test is repeated with the polarity of the input reversed. During the test, the measured potential to earth of each pole shall not exceed the maximum **output voltage** under load (1,06 times the **rated output voltage** taking into account the permissible deviations of Clause 11).*

Compliance is checked by measurement.

If the polarity detecting device uses a current flowing to the earth for the detection, this current shall not exceed 0,75 mA and shall only be flowing for the period of measurement until the polarity is reversed.

Compliance is checked by measurement.

All the tests are repeated under the fault conditions of H.2.3 of Annex H of Part 1. In this case, the potential to earth of each pole shall not exceed 1,06 times the maximum output voltage under load for more than 5 s.

Compliance is checked by measurement.

19.1.2 SMPS incorporating separating transformers

19.1.2.1 The **input** and **output circuits** shall be electrically separated from each other, and the construction shall be such that there is no possibility of any connection between these circuits, either directly or indirectly, via other **conductive parts**, except by deliberate action.

Compliance is checked by inspection and measurements, taking Clauses 18 and 26 into consideration.

19.1.2.2 The insulation between the **input** and **output winding(s)** shall consist of at least **basic insulation**.

In addition, the following requirements apply:

- for **class I SMPS**, the insulation between the **input windings** and the **body**, and between the **output windings** and the **body** shall consist of at least **basic insulation** (both **basic insulations** rated for the **working voltage**);
- for **class II SMPS**, the insulation between the **input windings** and the **body**, and between the **output windings** and the **body** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (both **double** or **reinforced insulations** rated for the **working voltage**).

19.1.2.3 For **SMPS** with intermediate **conductive parts** (e.g., the iron core) or a resonant circuit, not connected to the **body** and located between the **input** and **output windings**, the insulation between the intermediate **conductive parts** (or a resonant circuit) and the **input windings** or between the intermediate **conductive parts** (or a resonant circuit) and the **output windings** shall consist of at least **basic insulation**.

NOTE An intermediate **conductive part** (or a resonant circuit), not separated from the **input** or **output windings** or the **body** by at least **basic insulation**, is considered to be connected to the relevant part(s).

In addition, the following requirements apply:

- for **class I SMPS**, the insulation between the **input** and **output windings** via the intermediate conductive parts (or a resonant circuit) shall consist of at least **basic insulation** (rated for the **working voltage**);
- for **class II SMPS**, the insulation between the **input windings** and the **body**, and between the **output windings** and the **body**, via the intermediate conductive parts (or a resonant circuit) shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **input** and **output voltage**).

19.1.2.4 Parts of **output circuits** may be connected to protective earth.

19.1.2.5 There shall be no direct connection between the **output circuits** and the **body**, **unless** – for **associated transformers** – allowed by the relevant equipment standard, or 19.8 of Part 1 is fulfilled. However, capacitors according to 19.8 are allowed.

Compliance is checked by inspection.

19.1.3 SMPS incorporating isolating transformers and safety isolating transformers

19.1.3.1 The **input** and **output circuits** shall be electrically separated from each other, and the construction shall be such that there is no possibility of any connection between these circuits, either directly or indirectly, via other **conductive parts**, except by deliberate action.

Compliance is checked by inspection and measurements taking Clauses 18, 19, and 26 into consideration.

19.1.3.2 The insulation between **input** and **output winding(s)** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **working voltage**), unless the requirements in 19.1.3.4 are complied with:

In addition, the following applies:

- for **class I transformers** not intended for connection to the mains supply by means of a plug, the insulation between the **input windings** and the **body** connected to earth shall consist of at least **basic insulation** rated for the **input voltage**. The insulation between the **output windings** and the **body** connected to earth, shall consist of at least **basic insulation** (rated for the **output voltage**);
- for **class I transformers** intended for connection to the mains supply by means of a plug, the insulation between the **input windings** and the **body** shall consist of at least **basic insulation**, and the insulation between the **output windings** and the **body** shall consist of at least **supplementary insulation** (both **basic** and **supplementary insulations** rated for the **working voltage**);
- for **class II transformers**, the insulation between the **input windings** and the **body** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **input voltage**). The insulation between the **output windings** and the **body** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **output voltage**).

19.1.3.3 For **transformers** with intermediate **conductive parts** (e.g. the iron core) not connected to the **body** and located between the **input** and **output windings**, the following requirements are applicable:

19.1.3.3.1 for **class I and class II transformers**, the insulation between the **input** and **output windings** via the intermediate **conductive parts** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **working voltage**);

- for **class II transformers**, the insulation between the **input windings** and the **body**, and between the **output windings** and the **body** via the intermediate **conductive parts** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **input** and **output voltage**), for SELV circuits **basic insulation** only is required;
- for transformers different from independent (IP00), the insulation between the **input** and **output windings** via the intermediate **conductive parts** shall consist of **double** or **reinforced insulation** (rated for the **working voltage**).

19.1.3.3.2 as alternative to 19.1.3.3.1 for **class I transformer** not intended to be connected by means of a plug and for **transformer** different from **independent** (IP00), if the construction assure that all laminated plates of the iron core are connected to earth (e.g by soldering / welding) and if the in data sheet or instruction sheet clearly state that the safety of the **transformer** depends on the earth connection and that is not possible to use in **class II** equipment, than the following apply: the insulation between the **input windings** and the intermediate **conductive part** connected to earth, and between the **output windings** and the intermediate **conductive part** connected to earth, shall consist of at least **basic insulation** (rated for the **input** and **output voltage**);

19.1.3.3.3 in addition to 19.1.3.3.1 and 19.1.3.3.2, the insulation between the intermediate **conductive parts** and the **input windings**, and between the intermediate **conductive parts** and the **output windings** shall consist of at least **basic insulation** (rated for the **input** and **output voltage**). An intermediate **conductive part** not separated from the **input** or **output windings** or the **body** by at least **basic insulation** is considered to be connected to the relevant part(s).

NOTE An intermediate metal part which is isolated from one of the windings by double or reinforced insulation is considered as being connected to the other winding.

19.1.3.4 For **class I transformers**, not intended for connection to the mains supply by means of a plug, the insulation between the **input** and **output windings** may consist of **basic insulation** plus **protective screen** instead of **double** or **reinforced insulation** provided the following conditions are complied with:

- the insulation between the **input winding** and the **protective screen** shall comply with requirements for **basic insulation** (rated for the **input voltage**);
- the insulation between the **output winding** and the **protective screen** shall comply with requirements for **basic insulation** (rated for the **output voltage**);
- the **protective screen** shall, unless otherwise specified, consist of a metal foil or of a wire wound screen extending at least the full width of one of the **input winding** and shall have no gaps or holes;
- where the protective screen does not cover the entire width of the **input winding**, additional adhesive tapes or equivalent insulation shall be used to ensure **double insulation** in that area;
- if the protective screen is made of a foil, the turns shall be insulated from each other. In case of only one turn, it shall have an isolated overlap of at least 3 mm;
- the wire of a wire wound screen and the lead-out wire of the **protective screen** shall have a cross-sectional area at least corresponding to the **rated current** of the overload protective device to ensure that, if a breakdown of **insulation** should occur, the overload protective device opens the circuit before the lead-out wire is destroyed in the event of the breakdown of the **insulation system**;
- the lead-out wire shall be soldered to the **protective screen** or fixed in an equally reliable manner.

For **transformers** for connection to the mains by the means of a plug of any type (incorporating or not), the alternative with **basic insulation** plus **protective screening** is not allowed.

NOTE For the purpose of this subclause, the term “winding” does not include **internal circuits**.

Examples of construction of windings are given in Annex M of Part 1.

19.1.3.5 There shall be no connection between the **output circuits** and the protective earth, unless this is allowed for **associated transformers** by the relevant equipment standard, or when 19.8 of Part 1 is fulfilled.

19.1.3.6 There shall be no direct connection between the **output circuits** and the **body**, unless this is allowed for **associated transformers** by the relevant equipment standard, or when 19.8 of Part 1 is fulfilled.

Compliance is checked by inspection.

19.1.3.7 For **SMPS incorporating isolating transformers and safety isolating transformers**, the **input** and **output terminals** for the connection of external wiring shall be so located that the distance measured at the point of introduction of the conductors, into these terminals, is not less than 25 mm. If a barrier is used to obtain the distance, the measurement shall be made over and around the barrier which shall be of insulating material and permanently fixed to the transformer.

Compliance is checked by inspection and by measurement disregarding intermediate conductive parts.

19.1.3.8 **Portable transformers** having a **rated output** not exceeding 630 VA shall be class II.

19.1.3.9 There shall be no connection between the **output circuits** and the **body**, unless – for **associated transformers** – allowed by the relevant equipment standard.

19.1.3.10 For **transformers** for connection to the mains by means of a plug of any type (incorporated or not), the alternative with **basic insulation** plus **protective screening** is not allowed.

19.12.3 *Replacement:*

Insulated winding wires, in an insulation system providing **basic, supplementary or reinforced insulation**, shall meet the following requirements.

Wire that has multi-layer extruded or spirally wrapped insulation (where only the finished wire can be tested) and passes the tests of Annex K.

The minimum number of constructional layers applied to the conductor shall be as follows:

- BASIC INSULATION: two wrapped layers or one extruded layer;
- SUPPLEMENTARY INSULATION: two layers, wrapped or extruded;
- REINFORCED INSULATION: three layers wrapped or extruded.

For spirally wrapped insulation where the CREEPAGE DISTANCES between layers, as wrapped, are less than those given in Clause 26. for pollution degree 1, the path between layers shall be sealed as for a cemented joint in 26.2.3, Test A and the test voltages of the TYPE TESTS in Clause K.2 are increased to 1,35 times their normal values.

NOTE 1 One layer of material wound with more than 50 % overlap is considered to constitute two layers.

The finished component shall pass ROUTINE TEST for electric strength using the appropriate value of test voltages in 18.3.

Compliance is checked by inspection and measurement and, if applicable, as specified in Annex K.

a) Where the insulation on the winding wire is used to provide **basic- or supplementary 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 two layers for **supplementary insulation**;
- the insulation of one **insulated winding wire** shall consist of at least one layer for **basic insulation**;
- an insulation for mechanical separation which fulfil the electric strength test for **basic insulation** shall be provided between the **insulated wires** and the enamelled wires.

NOTE 2 If for basic or supplementary insulation a triple insulated wire is used in combination with enamelled wire, an additional interleaved insulation (mechanical separation) is not required.

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.

Where the insulated winding wire is wound:

- upon metal or ferrite cores or
- upon enamelled wire or;
- under enamelled wire;

an insulation for mechanical separation which fulfil the electric strength test for **basic insulation** shall be provided between the insulated wires and the core or between the insulated wires and the enamelled wires. The both windings shall not touch each other and both wires shall not touch the core.

NOTE 3 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 Clause 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 of Part 1 and no values are required of 26.106.

Compliance is checked by inspection of the part and the declaration of the wire manufacturer

19.12.101 The transformer which use fully insulated winding wires (**FIW**), shall only be used up and including insulation class F.

19.12.102 Fully insulated winding wires (**FIW**) shall comply with IEC 60851-5:2008, IEC 60317-0-7 and IEC 60317-56. If the wire has other nominal diameter than in Table 111 defined, so the minimum high voltage strength value can be calculated according to formula below Table 111:

- **FIW** wires used for basic or supplementary isolation for transformers according to 19.1.2:
 - the test voltage required in Table 8a for basic/supplementary insulation according to the working voltage of the transformer, shall comply with the minimum voltage strength of basic insulation for the **FIW**-wire according to Table 111;
 - between an basic insulated **FIW** wire and an enamelled wire an insulation for mechanical separation shall be used. The both windings shall not touch each other. The insulation for mechanical separation shall fulfil the high voltage test of basic insulation. Creepage distances and clearances to the **FIW** wire are not required.
- **FIW** wires used for double or reinforced insulation according to 19.1.3:
 - the test voltage required in Table 8a for basic-/supplementary insulation according to the working voltage of the transformer, shall comply with the minimum voltage strength of basic insulation for the **FIW**-wires according to Table 111. For the primary and the secondary winding a basic insulated **FIW** wire shall be used;
 - between the two basic insulated **FIW** wires an insulation for mechanical separation shall be used. The both windings shall not touch each other. The insulation for mechanical separation shall fulfil the high voltage test of basic insulation. Creepage distances and clearances between the **FIW** wires are not required.
- Alternative construction with **FIW**-wires reinforced insulated:
 - the test voltage required in Table 8a for reinforced insulation according to the working voltage of the transformer, shall comply with the minimum voltage strength for the **FIW** wire according to Table 111;
 - between a reinforced insulated **FIW** wire and an enamelled wire an insulation for mechanical separation shall be used. The both windings shall not touch each other. The insulation for mechanical separation shall fulfil the high voltage test of basic insulation. Creepage distances and clearances to the **FIW** wire are not required.
- Alternative construction with **FIW** wires, basic or supplementary insulated for transformers with double or reinforced insulation according to 19.1.3:
 - the test voltage required in Table 8a for basic-/supplementary insulation according to the working voltage of the transformer, shall comply with the minimum voltage strength of basic insulation for the **FIW**-wire according to Table 111. For the primary or the secondary winding a basic insulated **FIW** wire shall be used. For the other winding enamelled wire can be used;
 - between the basic insulated **FIW** wire and the enamelled wire an supplementary insulation according to the working voltage is required. Creepage distances and clearances between the **FIW** wire and the enamelled wire are required for supplementary insulation.
- Where the **FIW** wire is wound:
 - upon metal or ferrite cores, an insulation for mechanical separation which fulfil the electric strength test for **basic insulation** shall be provided between the **FIW** wires and the core. The **FIW** wire and enamelled wire (if used) shall not touch the metal or ferrite core.

20 Components

This clause of Part 1 is applicable.

21 Internal wiring

This clause of Part 1 is applicable.

22 Supply connection and other external flexible cables or cords

This clause of Part 1 is applicable.

23 Terminals for external conductors

This clause of Part 1 is applicable.

24 Provisions for protective earthing

This clause of Part 1 is applicable.

25 Screws and connections

This clause of Part 1 is applicable.

26 Creepage distances, clearances and distances through insulation

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

Compliance is checked by the tests of H.3 of Part 1 and by the following requirements.

26.101 Creepage distances, clearances and distances through insulation as shown in Table 13, Table C.1 and Table D.1 of Part 1 are generally applicable.

26.102 In compliance with IEC 60664-4 (2005), the following requirements are applicable for frequencies above 30 kHz. In IEC 60664-4, values for **creepage distances**, clearances and solid **insulation** are required up to the frequency of 3 MHz. If frequencies above 3 MHz will be used in this standard, the tests of Clause 7 of IEC 60664-4, High-frequency testing (high frequency high voltage test and high frequency **partial discharge** test) are required.

26.103 Clearance

- a) Two determinations of the clearances are necessary for frequencies > 30 kHz (see Figure 101 which is showing the principle):
 - determination based on the measured peak working voltage according Table 104 and alternative for approximately homogeneous field conditions according Table 102.
 - determination based on the measured r.m.s working voltage according Tables 13, C.1 and D.1 of IEC 61558-1.,

The minimum clearance is the greater of the two values.

b) Two determinations of the clearances are necessary for frequencies ≤ 30 kHz (see Figure 101 which is showing the principle):

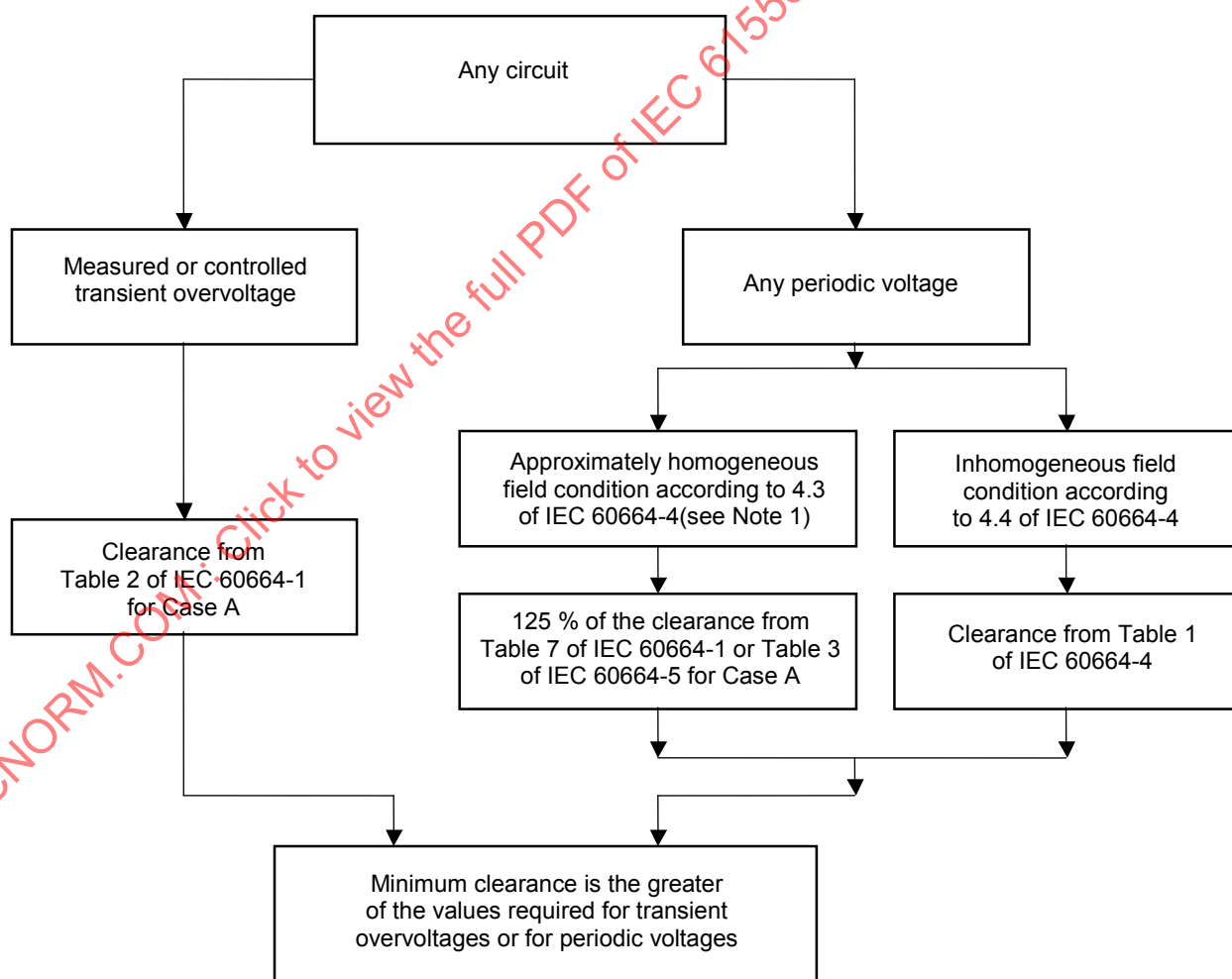
- determination based on the measured peak working voltage with recurring peak voltages, according Table 103.
- determination based on the measured r.m.s working voltage according IEC 61558-1, Tables 13, C.1 and D.1.

The minimum clearance is the greater of the two values.

Dimensioning diagram

The following diagrams show the relationships between the factors influencing the dimensioning of clearances and creepage distances for insulation coordination. The diagrams highlight the major factors and are not intended to substitute for a full review of the relevant subclauses. In particular they do not take into account the homogeneous field situation (case B values), more precise dimensioning of clearances for frequencies between f_{crit} and f_{min} and dimensioning of solid insulation in order to avoid testing with HF-voltages.

It is to be noted that the dimensioning procedures for clearances and creepage are independent. Therefore, where a clearance and a creepage distance are coincidental over the same insulating surface, the larger of the clearance or the creepage distance is to be used.



NOTE 1 For frequencies exceeding 30 kHz, an approximately homogeneous field is considered to exist when the radius of curvature of the conductive parts is equal or greater than 20 % of the clearance. The necessary radius of curvature can only be specified at the end of the dimensioning procedure.

NOTE 2 This dimensioning diagram is copied from Annex F of IEC 60664-4.

Figure 101 – Diagram for dimensioning of clearances

Table 102 – Values of clearances for frequencies > 30 kHz with approximately homogeneous field condition according to 4.3 of IEC 60664-4

Working voltage (peak value)	Clearances for the approximately homogeneous field	
	Basic insulation	Double or reinforced insulation
V	mm	mm
330	0,02	0,03
400	0,04	0,06
500	0,07	0,11
600	0,1	0,16
800	0,15	0,33
1 000	0,2	0,45
1 200	0,3	0,57
1 500	0,43	0,8
2 000	0,6	1,2
2 500	0,86	1,5
3 000	1,1	2,0
4 000	1,5	3,0
5 000	2,1	3,5
6 000	3,1	4,5
8 000	3,5	6,0
NOTE The values of Table 102 are based on Table 7a of IEC 60664-1 (125 % of the peak voltage in Table 7a). The values of double or reinforced insulation are calculated according to IEC 60664-1 with a factor of 1,6 times the peak withstand voltage.		

If the value of the clearance found in Table 102 is less than the value required in Table 13 of IEC 61558-1 (Table F.2 of IEC 60664-1), then the value of IEC 61558-1 shall be applicable.

Approximately homogeneous field is considered to exist when the radius of curvature of the conductive part is equal or greater than 20 % of the clearance.

Table 103 – Values of clearances for transient overvoltages or recurring peak voltages produced in the primary circuit of the SMPS for frequencies ≤ 30 kHz

Voltage (peak value)	Clearances for the Inhomogeneous field	
	Basic insulation	Double or reinforced insulation
V	mm	mm
330	0,01	0,04
400	0,02	0,07
500	0,04	0,13
600	0,06	0,2
800	0,13	0,5
1 000	0,26	0,87
1 200	0,42	1,18
1 500	0,76	1,7
2 000	1,27	2,7
2 500	1,8	3,8
3 000	2,4	5,4
4 000	3,8	8,5
5 000	5,7	11
6 000	7,9	14,4
8 000	11,0	20,6
NOTE The values of Table 103 are based on Table 7a of IEC 60664-1. The values of double or reinforced insulation are calculated according IEC 60664-1 with the factor 1,6 of voltage (peak withstand voltage).		

If the value of the clearance found in Table 104 is less than the value required in Table 13 of IEC 61558-1 (Table F.2 of IEC 60664-1), then the value of IEC 61558-1 is required.

Table 104 – Minimum values of clearances in air for inhomogeneous field conditions for frequency > 30 kHz

Working voltage U_{peak} (kV)	Basic- or supplementary insulation Clearance (mm)	Double or reinforced insulation Clearance (mm)
Up to 0,6	0,06	0,12
0,8	0,18	0,36
1,0	0,5	1,0
1,2	1,4	2,8
1,4	2,35	4,7
1,6	4,0	8,0
1,8	6,7	13,4
2,0	11	22,0
NOTE The values of Table 104 are based on Table 1 of IEC 60664-4 (2005), the values of double or reinforced insulation are twice the value of basic insulation in accordance with 109/58/CDV.		

Interpolation is allowed.

If the value of the clearance found in Table 104 is less than the value required in Table 13 of IEC 61558-1 (Table F.2 of IEC 60664-1), then the value of IEC 61558-1 is required.

26.104 The working voltages of Tables 102, 103 and 104 for determination of clearances are in peak values.

All peak voltages, also if μsec -peaks are to determine according Table 102 to Table 104.

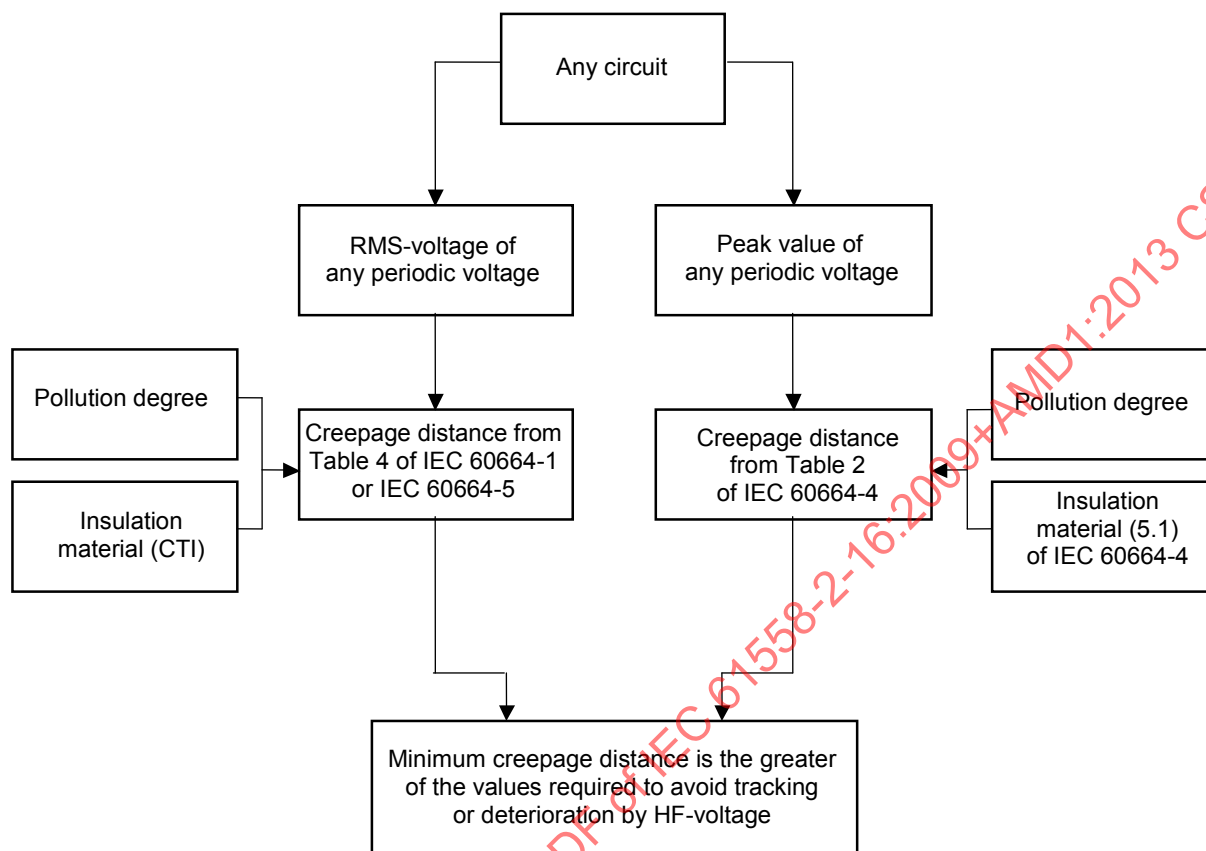
The measured r.m.s. voltages are to determine according to Table 13 of IEC 61558-1 (Table F.2 of IEC 60664-1). If the construction fulfils the requirements of 4.3 of IEC 60664-4 for approximately homogeneous field conditions, the values of Table 102 shall be applicable (125 % of the values of Table 7 of IEC 60664-1).

26.105 Creepage distances

Two determinations of the creepage distances are necessary (see Figure 102 which is showing the principle):

- determination based on the measured peak working voltage according Tables 105 to 110;
- determination based on the measured r.m.s working voltage according Tables 13, C.1 and D.1 of IEC 61558-1,.

The values in Tables 105 to 110 do not take into account the effects of tracking phenomena for frequencies above 30 kHz. All peaks are included in the peak values of the working voltage. Therefore, if the values for frequencies above 30 kHz in Tables 105 to 110 of this standard are lower than the relevant values in Tables 13, C.1 or D.1 of IEC 61558-1, the higher values shall be applicable.



IEC 1386/05

NOTE This dimensioning diagram is copied from IEC 60664-4, Annex F.

Figure 102 – Diagram of dimensioning creepage distances

Table 105 – Basic or supplementary insulation – Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 1)

Working-voltage	Creepage distance (mm)												
	30 kHz<f<100 kHz	f<150 kHz	f<200 kHz	f<300 kHz	f<400 kHz	f<500 kHz	f<600 kHz	f<700 kHz	f<800 kHz	f<900 kHz	f<1 MHz	f<2 MHz	f<3 MHz
U _{peak} /kV ^a													
0,1	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30
0,2	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	2,80
0,3	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,80	20,00
0,4	0,13	0,13	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,24	0,30	0,35	4,50	-
0,5	0,18	0,19	0,19	0,22	0,25	0,30	0,35	0,40	0,77	1,13	1,50	20,00	-
0,6	0,27	0,27	0,27	0,34	0,40	0,55	0,70	0,85	2,23	3,62	5,00	-	-
0,7	0,36	0,37	0,38	0,53	0,68	1,09	1,49	1,90	7,93	13,97	20,00	-	-
0,8	0,45	0,50	0,55	0,83	1,10	2,00	2,90	3,80	-	-	-	-	-
0,9	0,53	0,67	0,82	1,36	1,90	4,17	6,43	8,70	-	-	-	-	-
1	0,60	0,88	1,15	2,08	3,00	8,00	13,00	18,00	-	-	-	-	-
1,1	0,68	1,19	1,70	3,35	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	0,85	1,63	2,40	5,30	8,20	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	1,20	2,35	3,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	1,65	3,33	5,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	2,30	4,80	7,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	3,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	4,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	6,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is lower than the value of the clearance, the value of the clearance shall be applicable for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks. See 26.105. A measurement based on r.m.s. values shall also be made. See 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

**Table 106 – Basic or supplementary insulation –
Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 2)**

Working-voltage	Creepage distance (mm)												
$U_{peak}(kV)^a$	30 kHz< f <100 kHz	f <150 kHz	f <200 kHz	f <300 kHz	f <400 kHz	f <500 kHz	f <600 kHz	f <700 kHz	f <800 kHz	f <900 kHz	f <1 MHz	f <2 MHz	f <3 MHz
0,1	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36
0,2	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18	3,36
0,3	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,96	24,00
0,4	0,15	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,21	0,23	0,29	0,36	0,42	5,40	-
0,5	0,22	0,22	0,23	0,26	0,30	0,36	0,42	0,48	0,92	1,36	1,80	24,00	-
0,6	0,32	0,32	0,32	0,40	0,48	0,66	0,84	1,02	2,68	4,34	6,00	-	-
0,7	0,43	0,44	0,46	0,64	0,82	1,30	1,79	2,28	9,52	16,76	24,00	-	-
0,8	0,54	0,60	0,66	0,99	1,32	2,40	3,48	4,56	-	-	-	-	-
0,9	0,63	0,81	0,98	1,63	2,28	5,00	7,72	10,44	-	-	-	-	-
1	0,72	1,05	1,38	2,49	3,60	9,60	15,60	21,60	-	-	-	-	-
1,1	0,82	1,43	2,04	4,02	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	1,02	1,95	2,88	6,36	9,84	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	1,44	2,82	4,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	1,98	3,99	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	2,76	5,76	8,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	3,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	5,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	7,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is shorter than the value of the clearance, the value of the clearance is required for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks, see 26.105. A determination based on r.m.s. values is also required, see 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

**Table 107 – Basic or supplementary insulation –
Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 3)**

Working-voltage $U_{peak}(kV)^a$	Creepage distance (mm)												
	30 kHz< f <100 kHz	f <150 kHz	f <200 kHz	f <300 kHz	f <400 kHz	f <500 kHz	f <600 kHz	f <700 kHz	f <800 kHz	f <900 kHz	f <1 MHz	f <2 MHz	f <3 MHz
0,1	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42
0,2	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,21	3,92
0,3	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	1,12	28,00
0,4	0,18	0,18	0,18	0,20	0,21	0,23	0,25	0,27	0,34	0,42	0,49	6,30	-
0,5	0,26	0,26	0,27	0,31	0,35	0,42	0,49	0,56	1,07	1,59	2,10	28,00	-
0,6	0,37	0,38	0,38	0,47	0,56	0,77	0,98	1,19	3,13	5,06	7,00	-	-
0,7	0,50	0,52	0,53	0,74	0,95	1,52	2,09	2,66	11,11	19,55	28,00	-	-
0,8	0,63	0,70	0,77	1,16	1,54	2,80	4,06	5,32	-	-	-	-	-
0,9	0,74	0,94	1,15	1,90	2,66	5,83	9,01	12,18	-	-	-	-	-
1	0,84	1,23	1,61	2,91	4,20	11,20	18,20	25,20	-	-	-	-	-
1,1	0,96	1,67	2,38	4,69	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	1,19	2,28	3,36	7,42	11,48	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	1,68	3,29	4,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	2,31	4,66	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	3,22	6,72	10,22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	4,41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	6,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	8,54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is shorter than the value of the clearance, the value of the clearance is required for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks, see 26.105. A determination based on r.m.s. values is also required, see 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

**Table 108 – Double or reinforced insulation –
Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 1)**

Working-voltage	Creepage distance (mm)												
$U_{peak}(kV)^a$	30 kHz< f <100 kHz	f <150 kHz	f <200 kHz	f <300 kHz	f <400 kHz	f <500 kHz	f <600 kHz	f <700 kHz	f <800 kHz	f <900 kHz	f <1 MHz	f <2 MHz	f <3 MHz
0,1	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60
0,2	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30	5,60
0,3	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,60	40,00
0,4	0,25	0,26	0,26	0,28	0,30	0,33	0,35	0,38	0,49	0,59	0,70	9,00	-
0,5	0,37	0,37	0,38	0,44	0,50	0,60	0,70	0,80	1,53	2,27	3,00	40,00	-
0,6	0,53	0,54	0,54	0,67	0,80	1,10	1,40	1,70	4,47	7,23	10,00	-	-
0,7	0,72	0,74	0,76	1,06	1,36	2,17	2,99	3,80	15,87	27,93	40,00	-	-
0,8	0,90	1,00	1,10	1,65	2,20	4,00	5,80	7,60	-	-	-	-	-
0,9	1,05	1,35	1,64	2,72	3,80	8,33	12,87	17,40	-	-	-	-	-
1	1,20	1,75	2,30	4,15	6,00	16,00	26,00	36,00	-	-	-	-	-
1,1	1,37	2,38	3,40	6,70	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	1,70	3,25	4,80	10,60	16,40	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	2,40	4,70	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	3,30	6,65	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	4,60	9,60	14,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	6,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	8,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	12,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is shorter than the value of the clearance, the value of the clearance is required for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks, see 26.105. A determination based on r.m.s. values is also required, see 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

**Table 109 – Double or reinforced insulation –
Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 2)**

Working-voltage	Creepage distance (mm)												
$U_{peak}(kV)^a$	30 kHz< f <100 kHz	f <150 kHz	f <200 kHz	f <300 kHz	f <400 kHz	f <500 kHz	f <600 kHz	f <700 kHz	f <800 kHz	f <900 kHz	f <1 MHz	f <2 MHz	f <3 MHz
0,1	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,72
0,2	0,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	6,72
0,3	0,20	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	1,92	48,00
0,4	0,30	0,31	0,31	0,34	0,36	0,39	0,42	0,46	0,58	0,71	0,84	10,80	-
0,5	0,44	0,45	0,46	0,53	0,60	0,72	0,84	0,96	1,84	2,72	3,60	48,00	-
0,6	0,64	0,64	0,65	0,80	0,96	1,32	1,68	2,04	5,36	8,68	12,00	-	-
0,7	0,86	0,89	0,91	1,27	1,63	2,61	3,58	4,56	19,04	33,52	48,00	-	-
0,8	1,08	1,20	1,32	1,98	2,64	4,80	6,96	9,12	-	-	-	-	-
0,9	1,26	1,61	1,97	3,26	4,56	10,00	15,44	20,88	-	-	-	-	-
1	1,44	2,10	2,76	4,98	7,20	19,20	31,20	43,20	-	-	-	-	-
1,1	1,64	2,86	4,08	8,04	12,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	2,04	3,90	5,76	12,72	19,68	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	2,88	5,64	8,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	3,96	7,98	12,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	5,52	11,52	17,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	7,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	10,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	14,64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is shorter than the value of the clearance, the value of the clearance is required for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks, see 26.105. A determination based on r.m.s. values is also required, see 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

**Table 110 – Double or reinforced insulation –
Minimum values of creepage distances for different frequency ranges (pollution degree 3)**

Working-voltage $U_{peak}(kV)^a$	Creepage distance (mm)												
	30 kHz< f <100 kHz	f <150 kHz	f <200 kHz	f <300 kHz	f <400 kHz	f <500 kHz	f <600 kHz	f <700 kHz	f <800 kHz	f <900 kHz	f <1 MHz	f <2 MHz	f <3 MHz
0,1	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84
0,2	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,42	7,84
0,3	0,23	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	2,24	56,00
0,4	0,35	0,36	0,36	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53	0,68	0,83	0,98	12,60	-
0,5	0,51	0,52	0,53	0,62	0,70	0,84	0,98	1,12	2,15	3,17	4,20	56,00	-
0,6	0,75	0,75	0,76	0,94	1,12	1,54	1,96	2,38	6,25	10,13	14,00	-	-
0,7	1,00	1,03	1,06	1,48	1,90	3,04	4,18	5,32	22,21	39,11	56,00	-	-
0,8	1,26	1,40	1,54	2,31	3,08	5,60	8,12	10,64	-	-	-	-	-
0,9	1,47	1,88	2,30	3,81	5,32	11,67	18,01	24,36	-	-	-	-	-
1	1,68	2,45	3,22	5,81	8,40	22,40	36,40	50,40	-	-	-	-	-
1,1	1,91	3,34	4,76	9,38	14,00	-	-	-	-	-	-	-	-
1,2	2,38	4,55	6,72	14,84	22,96	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	3,36	6,58	9,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	4,62	9,31	14,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	6,44	13,44	20,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	8,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,7	12,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,8	17,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

^a The voltage in this column is the highest peak voltage of the high frequency voltage. This voltage may occur across the insulation between the input and output circuit at rated supply voltage and under normal operations. The output circuit is earthed for the measurement of this voltage. Transients are included.

Interpolation is allowed.

If the value of the creepage distance is shorter than the value of the clearance, the value of the clearance is required for the creepage.

The peak working voltage includes small peaks, see 26.105. A determination based on r.m.s. values is also required, see 26.104 and Table 105.

A dash (-) in the table, indicates that a creepage distance for this frequency is not specified. These values are under consideration.

26.106 Distance through insulation

Instead of a Partial Discharge Test (PD-Test) with high-frequency voltage, testing the distance through insulation can be checked by calculate the electric field and insuring that it is below the following limits. This method can only be used if the following conditions are complied with:

- the maximum frequency is less than 10 MHz;
- the field strength is approximately uniform and not exceeding the values specified in Figure 103 and;
- no voids or gaps are present in between the solid insulation.

NOTE 1 The following text of this subclause and diagram is taken from 6.3 of IEC 60664-4 (2005).

For thick layers of solid insulation of $d_1 \geq 0,75$ mm, the peak value of the field strength E shall be equal or less than the limit 2 kV/mm.

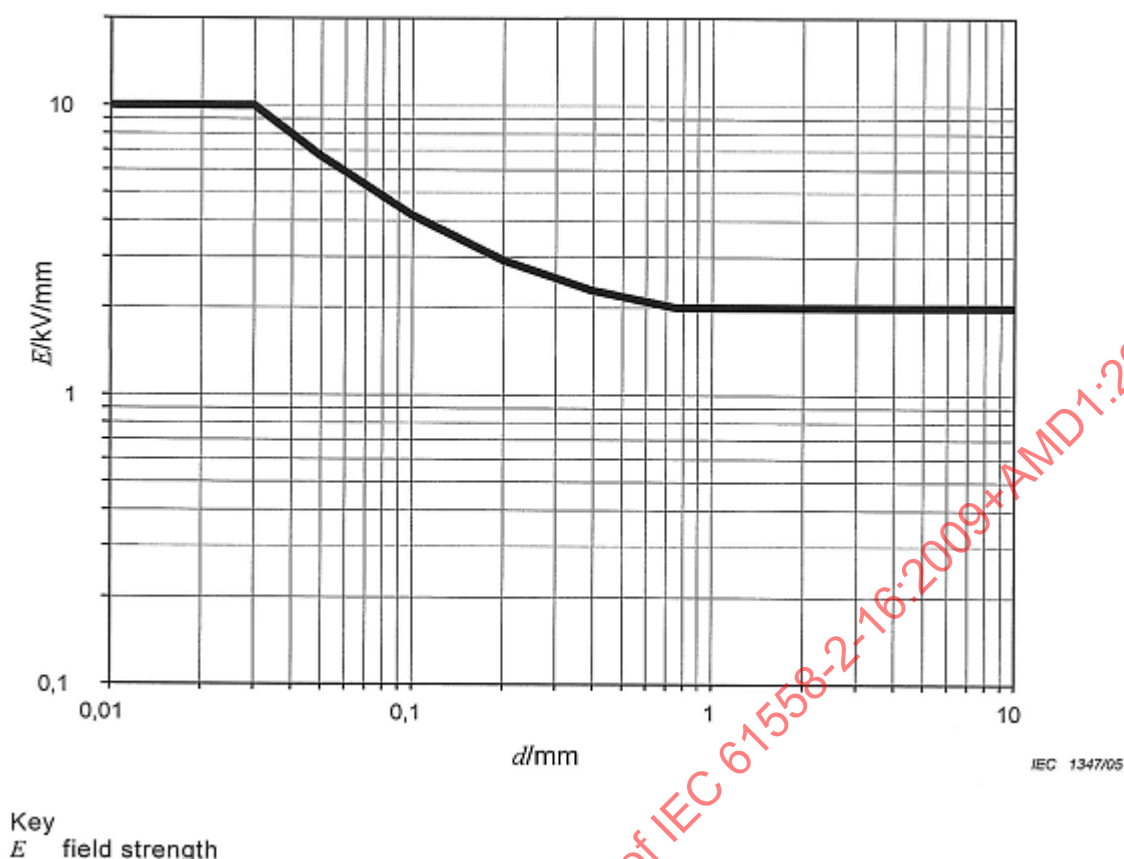
For thin layers of solid insulation of $d_2 \leq 30$ μm , the peak value of the field strength shall be equal or less than the limit 10 kV/mm.

For $d_1 > d > d_2$, the following equation shall be used for calculation of the peak value of the field strength according to the thickness d (see also Figure 103). The calculated field strength E shall be equal or less than the limit given by the following equation.

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

where d is the distance through insulation

NOTE 2 In this context, the electric field is considered to be approximately uniform if the deviations are less than ± 20 % from the average value of the field strength.



The use of the field strength for dimensioning of solid insulation requires an approximately uniform field distribution with no voids or air gaps in between. If the field strength cannot be calculated (because the field is not uniform) or if the peak value is higher than given from Equation (1) or Figure 103 respectively or if the presence of voids or air gaps cannot be excluded or for higher frequencies than 10 MHz, a withstand test or a PD-test with high frequency voltage is required. The first applies to short time stresses, the second applies to long time stresses according to 5.3.2.2 of Part 1.

Figure 103 – Permissible field strength for dimensioning of solid insulation according to Equation (1)

26.107 For **transformers** with **FIW** wires the following test is required:

*To test the **FIW**-winding at the final **transformer**, three specimens shall be used.*

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 Hz 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.

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.

The partial discharge test shall be done at the end of the cycling test at normal room temperature as performed in 18.101.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

Table 111 – Values of FIW wires with maximum overall diameter and minimum test voltages according to the enamel increase

Calculation of test voltage for further FIW diameters : (Overall dia - copper dia) / 2 = Insulation thickness (µm)															sheet	1
Insulation thickness (µm) acc. table 7 IEC 60317-0-7:2012		Maximum overall FIW diameter including insulation							Voltage strength for basic, supplementary or reinforced insulation at FIW design							
Nominal FIW copper diameter	value	FIW 3	FIW 4	FIW 5	FIW 6	FIW 7	FIW 8	FIW 9	FIW 3	FIW 4	FIW 5	FIW 6	FIW 7	FIW 8	FIW 9	
mm	V/µm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	V	V	V	V	V	V	V	
0,04	56	0,058	0,069	0,079	0,089	0,099	0,109	0,119	504	812	1092	1372	1652	1932		
0,045	56	0,066	0,078	0,089	0,100	0,111	0,122	0,133	588	924	1232	1540	1848	2156		
0,05	56	0,072	0,083	0,094	0,105	0,116	0,127	0,138	616	924	1232	1540	1848	2156		
0,056	56	0,081	0,092	0,104	0,116	0,128	0,140	0,152	700	1008	1344	1680	2016	2352		
0,063	56	0,090	0,102	0,115	0,128	0,141	0,154	0,167	756	1092	1456	1820	2184	2548		
0,071	56	0,098	0,110	0,123	0,136	0,149	0,162	0,175	756	1092	1456	1820	2184	2548	2912	
0,08	56	0,108	0,122	0,136	0,150	0,164	0,178	0,192	784	1176	1568	1960	2352	2744	3136	
0,09	56	0,120	0,134	0,148	0,162	0,176	0,190	0,204	840	1232	1624	2016	2408	2800	3192	
0,1	56	0,132	0,148	0,164	0,180	0,196	0,212	0,228	896	1344	1792	2240	2688	3136	3584	
0,112	53	0,147	0,164	0,181	0,198	0,215	0,232	0,249	928	1378	1829	2279	2730	3180	3631	
0,125	53	0,163	0,181	0,199	0,217	0,235	0,253	0,271	1007	1484	1961	2438	2915	3392	3869	
0,14	53	0,181	0,201	0,221	0,241	0,261	0,281	0,301	1087	1617	2147	2677	3207	3737	4267	
0,16	53	0,205	0,227	0,249	0,271	0,293	0,315	0,337	1193	1776	2359	2942	3525	4108	4691	
0,18	53	0,229	0,253	0,277	0,301	0,325	0,349	0,373	1299	1935	2571	3207	3843	4479	5115	
0,2	53	0,252	0,277	0,302	0,327	0,352	0,377	0,402	1378	2041	2703	3366	4028	4691	5353	
0,224	53	0,280	0,307	0,334	0,361	0,388	0,415	0,442	1484	2200	2915	3631	4346	5062	5777	
0,25	53	0,312	0,342	0,372	0,402	0,432	0,462	0,492	1643	2438	3233	4028	4823	5618	6413	
0,28	53	0,345	0,376	0,407	0,438	0,469	0,500	0,531	1723	2544	3366	4187	5009	5830	6652	
0,315	53	0,384	0,415	0,446	0,477	0,508	0,539	0,570	1829	2650	3472	4293	5115	5936	6758	
0,355	49	0,428	0,459	0,490	0,521	0,552	0,583	0,614	1789	2548	3308	4067	4827	5586	6346	
0,4	49	0,478	0,509	0,540	0,571	0,602	0,633	0,664	1911	2671	3430	4190	4949	5709		
0,45	49	0,533	0,564	0,595	0,626	0,657	0,688	0,719	2034	2793	3553	4312	5072			
0,5	49	0,587	0,628	0,669	0,710	0,751	0,792	0,833	2132	3136	4141	5145	6150			
0,56	37	0,653	0,694	0,735	0,776	0,817	0,858	0,899	1721	2479	3237	3996	4755			
0,63	37	0,728	0,769	0,810	0,851	0,892	0,933	0,974	1813	2572	3330	4089	4847			
0,71	37	0,814	0,855	0,896	0,937	0,978	1,019	1,060	1924	2683	3441	4200	4958			
0,8	37	0,911	0,962	1,013	1,064	1,115	1,166	1,217	2054	2997	3941	4884				
0,9	37	1,018	1,069	1,120	1,171	1,222	1,273	1,324	2183	3127	4070	5014				
1	37	1,124	1,175	1,226	1,277	1,328	1,379	1,430	2294	3238	4181	5125				
1,12	33	1,248	1,309	1,370	1,431	1,492	1,553	1,614	2112	3119	4125					
1,25	33	1,381	1,442	1,503	1,564	1,625	1,686	1,747	2162	3168	4175					
1,4	33	1,535	1,596	1,657	1,718	1,779	1,840	1,901	2228	3234	4241					
1,6	33	1,740	1,801	1,862	1,923	1,984	2,045	2,106	2310	3317	4323					

The values of allowed voltage strength for other **FIW** dimensions than defined in Table 111 are calculated according following formula:

$$V = \frac{d_a - d_{cu}}{2} \times U \times 10^3$$

where

d_a is the maximum overall diameter in (mm);

d_{cu} is the nominal copper diameter in (mm);

U is the voltage value according to Table 7 of IEC 60317-0-7 (see column 2) in (V/μm);

V is the allowed voltage strength for **FIW** wire in (V).

Higher voltage values, based on the "enamel increase" of Table 7 of IEC 60317-0-7:2012, are under consideration.

27 Resistance to heat, fire and tracking

This clause of Part 1 is applicable, except as follows.

27.2 does not apply.

28 Resistance to rusting

This clause of Part 1 is applicable.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

Annexes

The annexes of Part 1 are applicable, except as follows:

Replacement of Annex K:

Annex K (normative)

Insulated winding wires

K.1 General

This annex specifies the winding wires of the insulation that may be used to provide **basic insulation, supplementary insulation, double insulation** or **reinforced insulation** in wound components. For details of the construction, see 19.12.3.

This annex applies to solid circular winding wires and stranded winding wires having diameters between 0,05 mm and 5,0 mm and solid square and solid rectangular (flatwise bending) winding wires with equivalent cross-sectional areas (0,002 to 19,6 mm²).

If the wire is insulated with two or more spirally wrapped layers of tape, the overlap of layers shall be adequate to ensure continued overlap during manufacture of the wound component. The layers of spirally wrapped wire insulation shall be sufficiently secured to maintain the amount of overlap.

K.2 Type tests

K.2.1 General

*The winding wire shall pass the following **type tests**, carried out at a temperature between 15 °C and 35 °C and a relative humidity between 25 % and 75 %, unless otherwise specified.*

K.2.2 Electric strength

K.2.2.1 Solid circular winding wires and stranded winding wires

The test sample is prepared according to 4.4.1 of IEC 60851-5:2008 (twisted pair). The sample is then subjected to the electric strength test of 18.3 in this standard with a test voltage standard, with a minimum of:

- 6 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or
- 3 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

K.2.2.2 Square or rectangular wires

The test sample is prepared according to 4.7.1 of IEC 60851-5:2008 (single conductor surrounded by metal shots). The sample is then subjected to the electric strength test of 18.3 of this standard, with a minimum test voltage of:

- 5,5 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or
- 2,75 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

K.2.3 Flexibility and adherence

5.1 (in Test 8) of IEC 60851-3:2009 shall be used, using the mandrel diameters of Table K.1. The test voltage is applied between the wire and the mandrel.

The test sample is then examined in accordance with 5.1.1.4 of IEC 60851-3:2009, followed by the electric strength test of 18.3 in this standard, with minimum test voltage of:

- 5,5 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or
- 2,75 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

The test voltage is applied between the wire and the mandrel.

Table K.1 – Mandrel diameter

Nominal conductor diameter or thickness mm up to but excluding	Mandrel diameter mm
0,35	4,0 ± 0,2
0,50	6,0 ± 0,2
0,75	8,0 ± 0,2
2,50	10,0 ± 0,2
5,00	Four times the conductor diameter or thickness ^a
^a In accordance with IEC 60317-43.	

The tension to be applied to the wire during winding on the mandrel is calculated from the wire diameter to be equivalent to 118 MPa ± 10 % (118 N/mm² ± 10 %).

Edgewise bending on the smaller dimension side (width) is not required for rectangular wire. For mandrel winding test of the square and rectangular wire, two adjacent turns do not need to contact each other.

K.2.4 Heat shock

The test sample shall be prepared in accordance with 3.1.1 (in Test 9) of IEC 60851-6:1996, followed by the electric strength test of 18.3 in this standard, with a minimum test voltage of:

- 5,5 kV r.m.s. or for **reinforced insulation**, or
- 2,75 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

The test voltage is applied between the wire and the mandrel. The oven temperature is the relevant temperature of the thermal class of insulation in Table K.2. The mandrel diameter and tension applied to the wire during winding on the mandrel are as in Table K.1. The test voltage is applied between the wire and the mandrel.

The electric strength test is conducted at room temperature after removal from the oven.

Table K.2 – Oven temperature

Thermal class	Class 105 (A)	Class 120 (E)	Class 130 (B)	Class 155 (F)	Class 180 (H)
Oven temperature °C	200	215	225	250	275

Edgewise bending on the smaller dimension side (width) is not required for rectangular wire.

NOTE 3.1.2 in Test 9 of IEC 60851-6:1996 is not used for solid square and solid rectangular winding wires.

K.2.5 Retention of electric strength after bending

Five samples are prepared as in K.2.3 and tested as follows. Each sample is removed from the mandrel, placed in a container and positioned so that it can be surrounded by at least 5 mm of metal shot. The ends of the conductor in the sample shall be sufficiently long to avoid flash over. The shot shall be not more than 2 mm in diameter and shall consist of balls of stainless steel, nickel or nickel plated iron. The shot is gently poured into the container until the sample under test is covered by at least 5 mm of shot. The shot shall be cleaned periodically with a suitable solvent.

NOTE The above test procedure is reproduced from 4.6.1 c) of IEC 60851-5:1988 but is not included in the fourth edition (2008) of that standard.

The samples shall be subjected to the electric strength test of 18.3 in this standard, with a minimum test voltage of:

- 5,5 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or
- 2,75 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

The mandrel diameter and tension applied to the wire during winding on the mandrel are as in K.2.

K.3 Testing during manufacturing

K.3.1 General

The wire shall be subjected by the wire manufacturer to electric strength tests during manufacture as specified in K.3.2 and K.3.3.

K.3.2 Routine test

*The test voltage for **routine test** shall be in accordance with the electric strength test of 18.3 in this standard, with a minimum of:*

- 4,2 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or
- 2,1 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

K.3.3 Sampling test

K.3.3.1 Solid circular winding wires and stranded winding wires

Twisted pair samples shall be tested in accordance with 4.4.1 of IEC 60851-5:2008. The test voltage shall be in accordance with the electric strength test of 18.3 in this standard, with a minimum of:

- 6 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or
- 3 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

K.3.3.2 Square or rectangular wire

The test sample is prepared according to 4.7.1 of IEC 60851-5:2008. The sample is then subjected to the electric strength test of 18.3. The test voltage shall be in accordance with the electric strength test of 18.3 in this standard, with a minimum of:

- 5,5 kV r.m.s. for **reinforced insulation**, or

- 3 kV r.m.s. for **basic insulation** or **supplementary insulation**.

Addition:

Annex AA (informative)

Partial discharge (PD) test

A partial discharge test is under consideration intended to be used for a black box test.

Annex BB (normative)

Particular requirements for associated transformers for use in switch mode power supplies with internal frequencies > 500 Hz

BB.0 Introduction

This annex is only applicable for separate testing of associated transformers for use in switch mode power supplies with internal frequencies > 500 Hz.

The use of this annex is not necessary if the SMPS including the transformer is in accordance with this standard.

NOTE This annex replaces IEC 61558-2-17:1997.

BB.1 Scope

This clause in this part is applicable, except as follows.

Addition:

This Annex BB applies to associated power transformers for use in single-phase or polyphase air-cooled **switch mode power supplies with internal frequencies exceeding 500 Hz**:

- **separating transformers**;
- **isolating transformers**;
- **safety isolating transformers**,

having a **rated supply voltage** not exceeding 1 000 V a.c. and a **rated frequency** exceeding 500 Hz but not exceeding 100 MHz, and the **rated output** not exceeding:

- 25 kVA for single-phase transformers;
- 40 kVA for polyphase transformers.

This standard is applicable to **dry type transformers**. The windings may be encapsulated or non-encapsulated.

BB.4 General requirements

This clause of Part 1 is applicable, except as follows.

BB.4.2 Replacement:

*The transformers for **switch mode power supplies** shall comply with the relevant sections of IEC 61558-1 and of this standard, and the conditions under which they are used in the appliance or equipment shall be in accordance with their marking. However, for associated transformers for switch mode power supplies 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.*

*Consequently, such transformers for **switch mode power supplies** shall comply with the following clauses, subclauses or parts thereof.*

1 - 2 - 3 - 4 - 5.1 - 5.2 - 5.3 - 5.4 - 5.5 - 5.6 - 5.7 - 5.15 - 7.2 - 7.5 - 8.2 - 8.11 - 14.2 - 14.3 - 18.1 - 18.2 - 18.3 - 18.102 - 19.1 - 19.12 - 26.1 - 26.2 - 26.3 - 26.101 - 26.102 - 26.103 - 26.104 - 26.105 - 26.106 - 26.107 - Annexes A, C, D, E, G, K, L, M, N, P, R, W

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.

BB.6 Ratings

This clause of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

BB.6.101 The **no-load output voltage** shall not exceed:

- 1 000 V a.c.. for **separating transformers**. For a.c. the preferred values for the **rated output voltage** are: 72 V, 120 V, 230 V, 400 V, 440 V and 660 V;
- 500 V a.c.. for **isolating transformers**. For a.c. the preferred values for the **rated output voltage** are: 72 V, 120 V, 230 V, 400 V and 440 V;
- 50 V a.c. for **safety isolating transformers**, for a.c. the preferred values for the **rated output voltage** are: 6 V, 12 V, 24 V, 42 V and 48 V.

BB.6.102 The **rated output** shall not exceed:

- 1 kVA for single-phase and 5 kVA for polyphase **separating transformers**.
 - 10 kVA for single-phase and 16 kVA for polyphase **isolating transformers**.
 - 25 kVA for single-phase and 40 kVA for polyphase **safety isolating transformers**,
- except for separating, isolating, and safety isolating transformers used in switch mode power supplies that are subject to an agreement between the purchaser and the supplier.

BB.6.103 **Rated frequencies** range from 50 Hz to 100 MHz.

BB.6.104 The **rated supply voltage** shall not exceed 1 000 V a.c.

Bibliography

The bibliography of Part 1 is applicable, except as follows:

Addition:

IEC 61800-5-1, *Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-1: Safety requirements – Electrical, thermal and energy*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	50
INTRODUCTION A L'AMENDEMENT	52
1 Domaine d'application	53
2 Références normatives	55
3 Termes et définitions	56
4 Exigences générales	57
5 Généralités sur les essais	57
6 Caractéristiques assignées	57
7 Classification	58
8 Marquage et indications	58
9 Protection contre les chocs électriques	59
10 Changement de la tension primaire d'alimentation	59
11 Tension secondaire et courant secondaire en charge	59
12 Tension secondaire à vide	60
13 Tension de court-circuit	61
14 Echauffements	61
15 Protection contre les courts-circuits et les surcharges	61
16 Résistance mécanique	61
17 Protection contre les effets nuisibles dus à la pénétration de poussière, d'objets solides et de l'humidité	61
18 Résistance d'isolement, rigidité diélectrique et courant de fuite	62
19 Construction	63
20 Composants	70
21 Conducteurs internes	70
22 Raccordement à l'alimentation et câbles souples externes	70
23 Bornes pour conducteurs externes	70
24 Dispositions en vue de la mise à la terre	70
25 Vis et connexions	70
26 Lignes de fuite, distances d'isolement et distances à travers l'isolation	70
27 Résistance à la chaleur, au feu et aux courants de cheminement	87
28 Protection contre la rouille	87
Annexes	88
Annexe K (normative) Fils de bobinage isolés	88
Annexe AA (informative) Essai de Décharge Partielle (PD-test)	91
Annexe BB (normative) Exigences particulières pour les transformateurs associés destinés aux alimentations à découpage avec des fréquences internes > 500 Hz	91
Bibliographie	93
Figure 101 – Schéma pour le dimensionnement des distances d'isolement	72
Figure 102 – Schéma de dimensionnement des lignes de fuite	76

Figure 103 – Intensité de champ admissible pour le dimensionnement de l'isolation solide d'après l'Equation (1)	84
Figure 104 – Tensions d'essai	63
Tableau 101 – Rapport des tensions secondaires	60
Tableau 102 – Valeurs des distances d'isolement pour les fréquences > 30 kHz avec des conditions de champs approximativement homogènes d'après le 4.3 de la CEI 60664-4, ...	73
Tableau 103 – Valeurs de distances d'isolement pour surtensions transitoires ou tensions crêtes récurrentes produites dans le circuit primaire des SMPS pour des fréquences ≤ 30 kHz	74
Tableau 104 – Valeurs minimales des distances d'isolement dans l'air pour des conditions de champ non homogène pour fréquence > 30 kHz	74
Tableau 105 – Isolation principale ou supplémentaire – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 1)	77
Tableau 106 – Isolation principale ou supplémentaire – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 2)	78
Tableau 107 – Isolation principale ou supplémentaire – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 3)	79
Tableau 108 – Isolation double ou renforcée – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 1)	80
Tableau 109 – Isolation double ou renforcée – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 2)	81
Tableau 110 – Isolation double ou renforcée – Valeurs minimales des lignes de fuite pour différentes gammes de fréquence (degré de pollution 3)	82
Tableau 111 – Valeurs des fils FIW présentant un diamètre total maximal et des tensions d'essai minimales en fonction de l'augmentation de l'émail	86
Tableau K.1 – Diamètre du mandrin	89
Tableau K.2 – Température du four	90

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SÉCURITÉ DES TRANSFORMATEURS, BOBINES D'INDUCTANCE, BLOCS D'ALIMENTATION ET PRODUITS ANALOGUES POUR DES TENSIONS D'ALIMENTATION JUSQU'À 1 100 V –

Partie 2-16: Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage

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.

Cette version consolidée de la CEI 61558-2-16 porte le numéro d'édition 1.1. Elle comprend la première édition (2009) [documents 96/330/FDIS et 96/333/RVD] et son amendement 1 (2013) [documents 96/401/FDIS et 96/405/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

La Norme internationale CEI 61558-2-16 a été établie par le comité d'études 96 de la CEI: Transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour basse tension jusqu'à 1 100 V.

La présente partie a le statut de publication groupée de sécurité conformément au guide CEI 104 (1997): *Elaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*.

Cette publication a été rédigée conformément aux Directives ISO/CEI, Partie 2.

La présente partie est destinée à être utilisée avec la dernière édition de la CEI 61558-1 et ses amendements. Elle est issue de la seconde édition (2005) de cette norme. La présente partie complète ou modifie les articles correspondants de la CEI 61558-1, de façon à la transformer en norme CEI: *Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage*. Une liste de toutes les parties de la série CEI 61558 peut être trouvée sur le site internet de la CEI, sous le titre: *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V*.

Les normes futures de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors d'une prochaine édition.

Lorsqu'un paragraphe particulier de la Partie 1 n'est pas mentionné dans la présente partie, ce paragraphe s'applique dans la mesure du possible. Lorsque la présente partie spécifie «addition», «modification» ou «remplacement», le texte correspondant de la Partie 1 doit être adapté en conséquence. Dans la présente partie, 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 cette partie, les mots en **gras** sont définis à l'Article 3. Les paragraphes, notes, figures et tableaux complémentaires à ceux de la Partie 1 sont numérotés à partir de 101; les annexes complémentaires sont appelées AA, BB, etc.

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

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

NOTE L'attention des Comités Nationaux est attirée sur le fait que les fabricants d'appareils et les organismes d'essai peuvent avoir besoin d'une période transitoire après la publication d'une nouvelle publication CEI, ou d'une publication amendée ou révisée, pour fabriquer des produits conformes aux nouvelles exigences et pour adapter leurs équipements aux nouveaux essais ou aux essais révisés. Le comité recommande que le contenu de cette publication soit entériné au niveau national au plus tôt 12 mois après la date de publication.

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

INTRODUCTION A L'AMENDEMENT

Le présent amendement a été établi afin de permettre l'utilisation de fils **FIW** dans les SMPS.

Il convient que le constructeur veille à ce qu'aucun endommagement du fil **FIW** ne soit possible durant la production et le transport.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61558-2-16:2009+AMD1:2013 CSV

SÉCURITÉ DES TRANSFORMATEURS, BOBINES D'INDUCTANCE, BLOCS D'ALIMENTATION ET PRODUITS ANALOGUES POUR DES TENSIONS D'ALIMENTATION JUSQU'À 1 100 V –

Partie 2-16: Règles particulières et essais pour les blocs d'alimentation à découpage et les transformateurs pour blocs d'alimentation à découpage

1 Domaine d'application

Remplacement:

La présente partie de la CEI 61558 traite de la sécurité des **blocs d'alimentation à découpage** et des **transformateurs** pour **blocs d'alimentation à découpage**. Les **transformateurs** incorporant des **circuits électroniques** sont également couverts par la présente norme.

NOTE 1 La sécurité comprend les aspects électrique, thermique et mécanique.

La présente partie s'applique:

- a) aux **blocs d'alimentation à découpage** incorporant des **transformateurs de sécurité isolants** délivrant des **TBTS, TBTP ou TBTF** en courant alternatif ou une ou des **tension(s) secondaire(s)** en courant continu ou une combinaison de celles-ci selon la CEI 61140 et la CEI 60364-4-41 pour des produits électroménagers et autres produits de consommation, excepté les produits couverts par la CEI 60065, la série 61347, la CEI 61204-7 et la CEI 60950-1;
- b) aux **blocs d'alimentation à découpage** avec une **tension secondaire** maximale ne dépassant pas 1 000 V en courant alternatif ou 1 414 V en courant continu lissé pour une utilisation domestique et autres produits de consommation, sauf les produits couverts en a) et les produits couverts par la CEI 60065, la série CEI 61347, la CEI 61204-7 et CEI 60950-1;
- c) la présente norme peut servir pour les **transformateurs** lors de leur utilisation dans les **blocs d'alimentation à découpage** (voir Annexe BB).

La présente partie couvre les exigences de sécurité pour les:

- SMPS d'isolement à enroulements séparés pour usage général correspondant à la Partie 2-1;
- SMPS de séparation des circuits pour usage général correspondant à la Partie 2-4;
- SMPS de sécurité pour usage général correspondant à la Partie 2-6;
- auto-SMPS pour usage général correspondant à la Partie 2-13.

Pour les applications spécifiques des SMPS correspondant aux autres Parties 2 de la série 61558, les exigences nécessaires des Parties 2 correspondantes sont applicables. De plus, les exigences listées dans la présente partie s'appliquent. Lorsque deux exigences sont contradictoires, la plus contraignante a préséance.

NOTE 2 La **tension primaire assignée** maximale du **transformateur** interne étant 1 000 V, la **tension primaire assignée** maximale de l'**alimentation à découpage** peut être inférieure suivant le type de redressement

Les **blocs d'alimentation à découpage** couverts par la présente norme sont à refroidissement par air (naturel ou forcé) **indépendants, associés, fixes, mobiles**, monophasés, ou polyphasés, la **tension primaire assignée** ne dépassant pas 1 100 V en courant alternatif, la

fréquence d'alimentation assignée ne dépassant pas 500 Hz, la **fréquence de fonctionnement interne assignée** dépassant 500 Hz, mais ne dépassant pas 100 MHz, et la **puissance assignée** ne dépassant pas 1 kVA ou 1 kW, incorporant des **transformateurs secs** avec enroulements enrobés ou non-enrobés.

Les **transformateurs associés** pour **blocs d'alimentation à découpage** couverts par l'Annexe BB de la présente norme doivent avoir une **puissance assignée** ne dépassant pas:

- 25 kVA pour les **transformateurs** monophasés;
- 40 kVA pour les **transformateurs** polyphasés.

NOTE 3 Pour les fréquences plus élevées, des exigences supplémentaires peuvent être nécessaires. Cependant, la présente norme peut servir de guide.

La **tension secondaire à vide** ou la **tension secondaire assignée** des **blocs d'alimentation à découpage** ne doit pas dépasser:

- 1 000 V en courant alternatif ou 1 415 V en courant continu lissé lorsqu'on utilise des **transformateurs d'isolement à enroulements séparés** ou des **autotransformateurs**;
- 500 V en courant alternatif ou 708 V en courant continu lissé lorsqu'on utilise des **transformateurs de séparation des circuits**;
- 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé lorsqu'on utilise des **transformateurs de sécurité**.

La **tension secondaire à vide** ou la **tension secondaire assignée** des **blocs d'alimentation à découpage indépendants** ne doit pas être inférieure à:

- 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé lorsqu'on utilise des **transformateurs d'isolement à enroulements séparés** ou des **autotransformateurs**.

La présente norme est également applicable aux **blocs d'alimentation à découpage**, convertisseurs et onduleurs sans limitation de la **puissance assignée**. Cependant, de tels **blocs d'alimentation à découpage** sont conçus pour des applications spéciales et font l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

NOTE 4 Dans le contexte de cette norme, les convertisseurs et onduleurs sont considérés comme des **blocs d'alimentation à découpage**.

La présente norme peut aussi être utilisée comme guide pour les produits non couverts par le domaine d'application de la présente norme, le domaine d'application de la CEI 61204-7 ou le domaine d'application de la série CEI 61347.

La présente norme ne s'applique pas:

- aux ensembles moteur-générateur;
- aux alimentations ininterrompibles (UPS) suivant la CEI 62040;
- aux **blocs d'alimentation à découpage** couverts par la CEI 61204-7 (par exemple, les dispositifs d'alimentation basse tension, sortie courant continu, caractéristiques de performance) et appareil de distribution et de puissance à courant continu et les **blocs d'alimentation à découpage** pour les applications couvertes par la CEI 60950-1, CEI 61010-1, CEI 60601-1 et CEI 60065;
- appareillage de lampe couvert par la CEI 61347-1;
- aux circuits externes et leurs composants destinés à être connectés aux bornes d'entrée et aux bornes de sortie des **transformateurs**.

NOTE 5 La CEI 61204-7 sera mise à jour par le SC 22E.

NOTE 6 L'attention est attirée sur le fait que:

- pour les **transformateurs** destinés à être utilisés dans des véhicules, à bord de navires et d'avions, des exigences supplémentaires (provenant d'autres normes applicables, de règles nationales, etc) peuvent être nécessaires;
- il convient également de prendre des mesures pour protéger l'**enveloppe** et les composants à l'intérieur de l'enveloppe contre les influences externes telles que les champignons, la vermine, les termites, le rayonnement solaire, le givre;
- Il convient également de prendre en considération les différentes conditions de transport, de stockage et de fonctionnement des **transformateurs**;
- des exigences supplémentaires en conformité avec les autres normes appropriées et règles nationales peuvent être appliquées aux **transformateurs** destinés à être utilisés dans un environnement particulier, tel qu'un environnement tropical.

NOTE 7 Une augmentation de la limite supérieure des fréquences peut s'avérer nécessaire pour des besoins de développement technique futur des **transformateurs**, la présente partie peut alors être utilisée comme un guide.

A moins qu'il en soit spécifié autrement dans la suite de ce document, le terme **SMPS** couvre les **blocs d'alimentation à découpage**.

2 Références normatives

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

CEI 60227 (toutes les parties), *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V*

CEI 60317-0-7:2012, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 0-7: Exigences générales – Fil de section circulaire en cuivre émaillé sans défaut d'isolation électrique avec diamètre nominal de conducteur compris entre 0,040 mm et 1,600 mm*

CEI 60317-43, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 43: Fil de section circulaire en cuivre recouvert d'un ruban de polyimide aromatique, classe 240*

CEI 60317-56, *Spécifications pour types particuliers de fils de bobinage – Partie 56: Fil brasable de section circulaire, isolé en continu, en cuivre émaillé avec polyuréthane sans défaut d'isolation électrique, avec diamètre nominal de conducteur compris entre 0,040 mm et 1,600 mm, classe 180*

CEI 60364-4-41, *Installations électriques à basse tension – Partie 4-41: Protection pour assurer la sécurité – Protection contre les chocs électriques*

CEI 60601-1, *Appareils électromédicaux – Partie 1: Exigences générales pour la sécurité de base et les performances essentielles*

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

CEI 60851-3:2009, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 3: Propriétés mécaniques*

CEI 60851-5:2008, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 5: Propriétés électriques*

CEI 60950-1, *Matériels de traitement de l'information – Sécurité – Partie 1: Exigences générales*

CEI 61010-1, *Règles de sécurité pour appareils électriques de mesure, de régulation et de laboratoire – Partie 1: Prescriptions générales*

CEI 61204-7:2006, *Alimentations basse tension, sortie continue – Partie 7: Exigences de sécurité*

CEI 61347 (toutes les parties), *Appareillages de lampes*

CEI 61558-1:2005, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 1: Exigences générales et essais*

CEI 61558-2-1, *Sécurité des transformateurs, alimentations, bobines d'inductance et produits analogues – Partie 2-1: Règles particulières et essais pour transformateurs d'isolement à enroulements séparés et alimentations incorporant des transformateurs d'isolement à enroulements séparés pour applications d'ordre général*

CEI 61558-2-4, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V – Partie 2-4: Règles particulières et essais pour les transformateurs de séparation des circuits et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de séparation des circuits*

CEI 61558-2-6, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V – Partie 2-6: Règles particulières et essais pour les transformateurs de sécurité et les blocs d'alimentation incorporant des transformateurs de sécurité*

CEI 61558-2-13, *Sécurité des transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et produits analogues pour des tensions d'alimentation jusqu'à 1 100 V – Partie 2-13: Règles particulières et essais pour les autotransformateurs et les blocs d'alimentation incorporant des autotransformateurs*

CEI 62040 (toutes les parties), *Alimentations sans interruptions (ASI)*

3 Termes et définitions

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

Le terme **transformateur** dans la Partie 1 désigne également un **SMPS** tel que défini dans la présente partie.

Dans l'Annexe BB de la présente norme, le terme **transformateur** s'applique à un transformateur pour **SMPS**.

Dans la présente norme, on utilise les termes applicables réels.

Remplacement

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. La **tension locale** entre tout point du circuit fourni par le réseau électrique et les autres parties isolées doit être:

- la tension primaire assignée, ou
- la tension locale mesurée

en prenant la plus élevée

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.

Addition :

3.101

fil de bobinage totalement isolé

FIW

fil conforme à la CEI 60317-0-7, à la CEI 60317-56 et à la CEI 60851-5:2008 présentant une construction **de fil sans défaut**

3.102

fil sans défaut

fil de bobinage qui ne présente aucune discontinuité électrique lorsqu'il est soumis aux essais dans des conditions spécifiques

3.103

grade d'un FIW

plage du diamètre total d'un fil (**FIW3 – FIW9**)

4 Exigences générales

L'article de la Partie 1 est applicable.

5 Généralités sur les essais

L'article de la Partie 1 est applicable.

6 Caractéristiques assignées

L'article de la Partie 1 est applicable à l'exception de ce qui suit:

Addition:

6.101 La **tension secondaire assignée** ne doit pas être supérieure à:

- 1 000 V en courant alternatif ou 1 415 V en courant continu lissé pour les **SMPS** incorporant des **transformateurs d'isolement à enroulements séparés** ou des **autotransformateurs**;
- 500 V en courant alternatif ou 708 V en courant continu lissé pour les **SMPS** incorporant des **transformateurs de séparation des circuits**;
- 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé pour les **SMPS** incorporant des **transformateurs de sécurité**.

Pour les **SMPS indépendants** incorporant des **transformateurs d'isolement à enroulements séparés** ou des **autotransformateurs**, la **tension secondaire assignée** doit être supérieure à 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu lissé et ne doit pas être supérieure à 1 000 V en courant alternatif ou 1 415 V en courant continu lissé.

6.102 La **puissance assignée** du **SMPS** ne doit pas être supérieure à 1 kVA ou 1 kW.