

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

**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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



GROUP SAFETY PUBLICATION
PUBLICATION GROUPEE DE SÉCURITÉ

AMENDMENT 1
AMENDEMENT 1

**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

PRICE CODE
CODE PRIX

M

ICS 29.180

ISBN 978-2-8322-0996-7

**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.**

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 96: Transformers, reactors, power supply units, and combinations thereof.

The text of this amendment is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
96/401/FDIS	96/405/RVD

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

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

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- withdrawn,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

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

INTRODUCTION 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.

2 Normative references

Add, to the existing list of references, the following new references:

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

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

3 Terms and definitions

Add, at the end of the existing text, the following new instruction and new terms and definitions as follows:

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**)

18 Insulation resistance, dielectric strength and leakage current

18.3

Add, after the existing Table 8a, the following new instruction:

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.

Add, after the existing subclause 18.101, the following new subclause and new figure:

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).

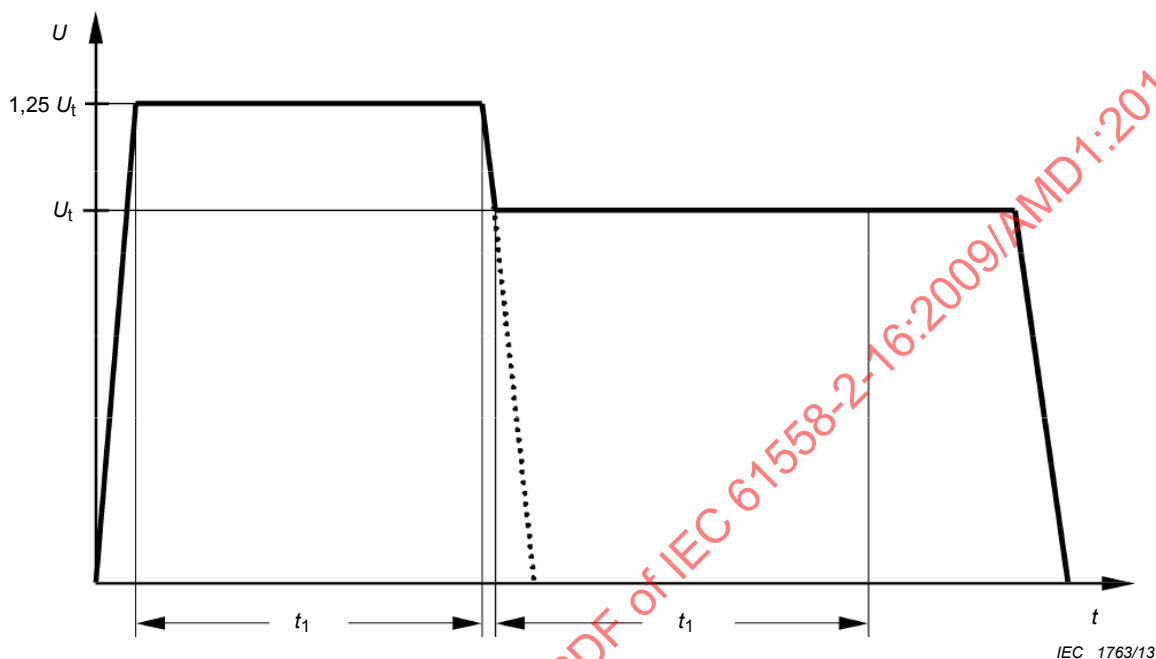


Figure 104 – Test voltages

19 Construction

Add, at the end of the existing text of this clause, the following new text:

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.

26 Creepage distances, clearances and distances through insulation

Add, at the end of the existing clause, the following new subclause:

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 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;

2 h at $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$;

1 h at $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

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	1068	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	1,300	1,350					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.

Annexes

Add, before the existing word "Addition", the following new text and new annex as follows:

Replacement of Annex K:

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

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**.

BB.4.2

Add, in the existing third paragraph of this subclause, references to "18.102" and "26.107".

Add, at the end of the existing text, the following new bibliography:

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

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 96 de la CEI: Transformateurs, bobines d'inductance, blocs d'alimentation et combinaisons de ces éléments.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
96/401/FDIS	96/405/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cet amendement.

Le comité a décidé que le contenu de cet amendement et de la publication de base 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.

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 à 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.

2 Références normatives

Ajouter à la liste existante de références, les nouvelles références suivantes:

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 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*

3 Termes et définitions

Ajouter, à la fin du texte existant, la nouvelle instruction et les nouveaux termes et définitions comme suit:

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**)

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

18.3

Ajouter, après le Tableau 8a existant, la nouvelle instruction suivante:

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.

Ajouter, après le paragraphe 18.101, le nouveau paragraphe et la nouvelle figure suivants:

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).

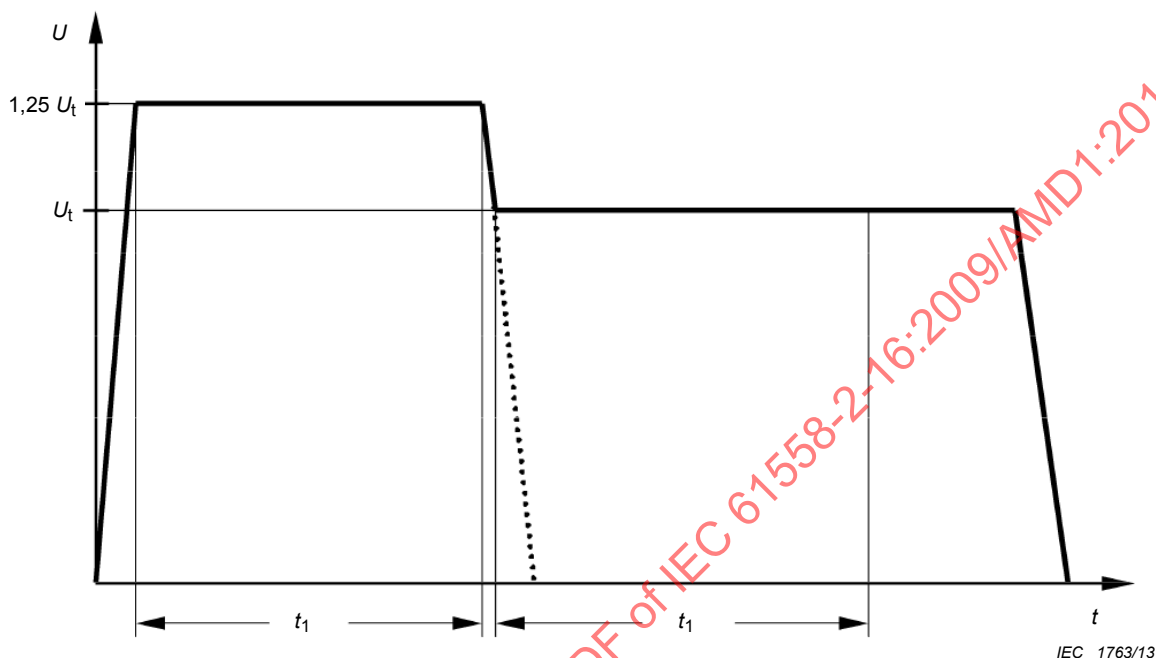


Figure 104 – Tensions d'essai

19 Construction

Ajouter, à la fin du texte existant de cet article, le nouveau texte suivant:

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 SERIE 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.

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

Ajouter, à la fin de l'article existant, le nouveau paragraphe suivant:

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.

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
Nominal FIW copper diameter	value acc. table 7 IEC 60317-0-7:2012	Insulation thickness (µm) * Voltage strength per µm = minimum voltage strength for FIW design												Voltage strength for basic, supplementary or reinforced insulation at FIW wire	
		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	1082	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	1036	1344	1690	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	1,300	1,350					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.

Annexes

Ajouter, avant le mot existant "Addition:", le nouveau texte et la nouvelle annexe comme 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.