

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

High frequency inductive components – Electrical characteristics and measuring methods –

Part 2: Rated current of inductors for DC to DC converters

Composants inductifs à haute fréquence – Caractéristiques électriques et méthodes de mesure –

Partie 2: Courant assigné des bobines d'induction pour des convertisseurs continu-continu



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62024-2

Edition 1.0 2008-10

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

High frequency inductive components – Electrical characteristics and measuring methods –

Part 2: Rated current of inductors for DC to DC converters

Composants inductifs à haute fréquence – Caractéristiques électriques et méthodes de mesure –

Partie 2: Courant assigné des bobines d'induction pour des convertisseurs continus-continus

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.100.10

ISBN 2-8318-1031-8

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Standard atmospheric conditions	6
4.1 Standard atmospheric conditions for testing	6
4.2 Reference conditions.....	6
5 Measuring method of DC saturation limited current.....	6
5.1 General.....	6
5.2 Test conditions.....	6
5.3 Measurement circuit and calculation.....	7
5.4 Attachment jig of inductor.....	8
5.5 Measuring method.....	8
5.6 Quality conformance inspection.....	8
6 Measuring method of temperature rise limited current	8
6.1 General.....	8
6.2 Test conditions.....	9
6.3 Measurement jig.....	9
6.3.1 Printed-wiring board method.....	9
6.3.2 Lead wire method	11
6.4 Measuring method and calculation	12
6.4.1 Resistance-substitution method	12
6.4.2 Thermo-couple method.....	13
6.5 Quality conformance inspection.....	14
7 Determination of rated current	14
8 Information to be given in the detail specification.....	14
8.1 Measuring method of DC saturation limited current	14
8.2 Measuring method of temperature rise limited current	15
Annex A (informative) Example of recommended description on product specification sheets and catalogues	16
Figure 1 – Inductance measurement circuit under application of DC saturation condition.....	7
Figure 2a) – Example of printed-wiring board for SMD type	10
Figure 2b) – Example of printed-wiring board for leaded type.....	11
Figure 2 – Example of printed-wiring board.....	11
Figure 3 – Temperature rise measurement circuit by resistance substitution method.....	12
Figure 4 – Temperature rise measurement circuit by thermo-couple method	13
Table 1 – Width of circuits	9
Table 2 – Wire size of circuits	12

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**HIGH FREQUENCY INDUCTIVE COMPONENTS –
ELECTRICAL CHARACTERISTICS AND MEASURING METHODS –****Part 2: Rated current of inductors for DC to DC converters**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62024-2 has been prepared IEC technical committee 51: Magnetic components and ferrite materials.

This bilingual version, published in 2009-02, corresponds to the English version.

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

FDIS	Report on voting
51/937/FDIS	51/941/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

A list of all parts of IEC 62024 series, under the general title *High frequency inductive components – Electrical characteristics and measuring methods*, can be found on the IEC website.

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

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

HIGH FREQUENCY INDUCTIVE COMPONENTS – ELECTRICAL CHARACTERISTICS AND MEASURING METHODS –

Part 2: Rated current of inductors for DC to DC converters

1 Scope

This part of IEC 62024 specifies the measuring methods of the rated direct current limits for small inductors.

Standardized measuring methods for the determination of ratings enable users to accurately compare the current ratings given in various manufacturers' data books.

This standard is applicable to leaded and surface mount inductors with dimensions according to IEC 62025-1 and generally with rated current less than 22 A, although inductors with rated current greater than 22 A are available that fall within the dimension restrictions of this standard (no larger than 12 mm × 12 mm footprint approximately). These inductors are typically used in DC to DC converters built on PCB, for electric and telecommunication equipment, and small size switching power supply units.

The measuring methods are defined by the saturation and temperature rise limitations induced solely by direct current.

2 Normative references

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

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 62025-1, *High frequency inductive components – Non-electrical characteristics and measuring methods – Part 1: Fixed, surface mounted inductors for use in electronic and telecommunication equipment*

3 Terms and definitions

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

3.1

DC saturation limited current

allowable value of DC current for which the decrease of the inductance is within the specified value

3.2

temperature rise limited current

allowable value of DC current for which the self-generation heat of the inductor results in temperature rise within the specified value

4 Standard atmospheric conditions

4.1 Standard atmospheric conditions for testing

Standard atmospheric conditions for testing shall be as follows (see 5.3.1 of IEC 60068-1):

- temperature: 15 °C to 35 °C;
- relative humidity: 25 % to 75 %;
- air pressure: 86 kPa to 106 kPa.

In the event of dispute or where required, the measurements shall be repeated using the referee temperatures and such other conditions as given in 4.2.

4.2 Reference conditions

For reference purposes, one of the standard atmospheric conditions for referee tests taken from 5.2 of IEC 60068-1 shall be selected and shall be as follows:

- temperature: 20 °C $\pm$ 2 °C;
- relative humidity: 60 % to 70 %;
- air pressure: 86 kPa to 106 kPa.

5 Measuring method of DC saturation limited current

5.1 General

When alternating current in which DC current is superimposed is supplied to an inductor, the inductance of the inductor decreases according to the DC current value.

In a typical application, the saturation current results from the peak current of the superposition of AC on DC current. In this standard, the saturation current is measured as DC current offsetting a small signal AC current.

NOTE It is not practical to set a standard for AC saturation limited current, because there are an unlimited number of different ways to apply AC current in an application. Therefore, manufacturers and users have generally defined DC saturation limited current as a common point of reference. This standard does the same.

5.2 Test conditions

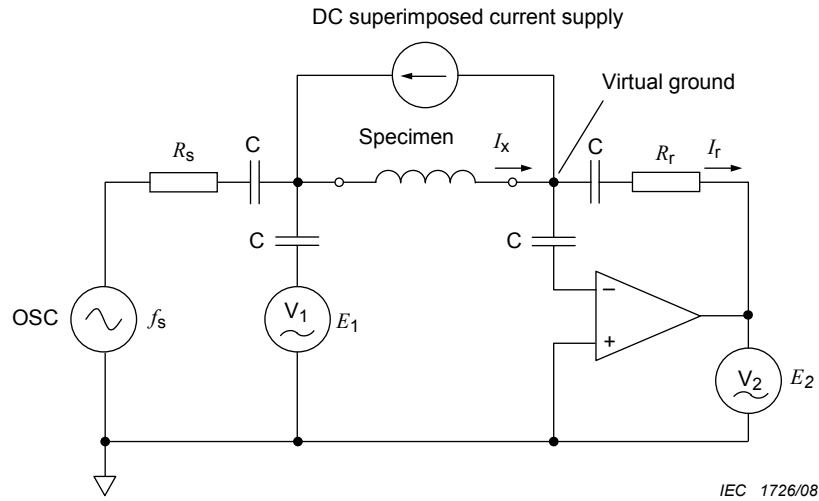
Unless otherwise specified in the detail specification, the test conditions shall be in accordance with Clause 4.

NOTE The variation of the value of DC saturation limited current, as a function of temperature, is dependent on the magnetic material and the structure of the magnetic core of the inductor. However, measurement of DC saturating currents at elevated temperatures is generally not practical for inspection purposes. Therefore, the measurement at room temperature as provided by this standard is generally applied for specification purposes. Derating curves indicating variation of DC saturation limited current as a function of maximum operating temperature of the inductor can be generated. These curves can be used to correlate the DC saturation limited current at room temperature to the DC saturation limited current at typical operating temperatures. In some cases, it will become necessary for the manufacturer and user to agree on an additional specification at a high temperature such as 85 °C, 105 °C or 125 °C.

5.3 Measurement circuit and calculation

a) Measuring circuit

The measuring circuit is as shown in Figure 1.



Components

R_s	source resistor $R = R_s$
R_r	range resistor $R = R_r$
V_1	voltmeter $V_1 = E_1$
V_2	voltmeter $V_2 = E_2$
C	DC current blocking capacitor

Supplies

f_s	frequency of source
I_r	supplied current to range resistor
I_x	supplied current to specimen
$I_x = I_r$	

Figure 1 – Inductance measurement circuit under application of DC saturation condition

b) Calculation

Voltages E_1 and E_2 shall be measured when frequency f_s and voltage E_s of the signal generator are supplied in accordance with the detail specification, and an initial value of the inductance shall be calculated by the following formulas.

$$Z_x = \frac{E_1}{I_r} = \frac{-E_1}{E_2} R_r$$

$$Z_x = |Z_x| \cos \theta + j |Z_x| \sin \theta$$

$$Z_x = R_x + jX_x$$

$$L_x = \frac{X_x}{\omega} = \frac{X_x}{2\pi f_s}$$

where

- R_x is the resistance of the specimen;
- X_x is the reactance of the specimen;
- Z_x is the impedance of the specimen;
- L_x is the equivalent series inductance of the specimen;
- E_1 is applied voltage to specimen;
- E_2 is applied voltage to range resistor ($= I_r R_r$) (E_2 can be regarded as current);
- θ is phase angle difference between E_1 and E_2 .

5.4 Attachment jig of inductor

Attachment jig of specimen shall be specified in the detail specification.

5.5 Measuring method

- a) Short compensation shall be done before measurement.
- b) The specimen shall be connected to the circuit shown in Figure 1, by using the attachment jig specified in 5.4.
- c) When the specimen is connected by soldering, it shall be left until it becomes cool enough.
- d) Voltages E_1 and E_2 shall be measured when frequency f_s and voltage E_s of the signal generator are supplied in accordance with the detail specification, and an initial value of the inductance shall be calculated by the formulas of 5.3 b).
- e) The value of the DC current that is superimposed on the specimen shall be modulated and the inductance value shall be measured.
- f) The decrease from the initial value of the inductance shall be calculated. DC saturation limited current shall be determined by measuring the DC current when the decrease in inductance matches the specified value in the detail specification.
- g) The decrease in inductance that is specified in the detail specification should be 10 % or 30 %.

NOTE 10 % is one of the design points typical for sharp-saturating inductors, and 30 % is one of the design points typical for soft-saturating inductors. See Annex A.

5.6 Quality conformance inspection

The DC current specified in the detail specification shall be supplied to a specimen in accordance with the methods specified in 5.3 to 5.5, and then inductance shall be measured. The decrease in inductance shall be within the specified value.

6 Measuring method of temperature rise limited current

6.1 General

When DC current is supplied to an inductor, the inductor generates heat by itself according to the supplied DC current value because of its DC current resistance.

NOTE 1 Temperature rise results from self-heating of the inductor. The sources of heating are DC copper losses, AC copper losses and AC core losses. This standard defines the temperature rise induced only by DC currents. In specific applications, it is necessary to consider AC copper losses and AC core losses for the temperature rise. AC losses are highly affected by waveform, amplitude and frequency.

NOTE 2 It is not practical to set a standard for AC temperature rise limited current, because there are an unlimited number of different ways to apply AC current in an application. In DC to DC converters, often AC loss is far smaller than DC loss. Therefore, manufacturers and users have generally defined DC temperature rise limited current as a common point of reference. This standard does the same.

6.2 Test conditions

Unless otherwise specified in the detail specification, the test conditions shall be in accordance with Clause 4.

Since the value of DC current resistance increases as a function of temperature, some applications require a high ambient temperature such as 85 °C, 105 °C or 125 °C for the temperature rise test.

NOTE 1 The overall power loss of an inductor is a combination of DC power loss due to DC current resistance, as well as AC power loss due to AC current in the windings and losses due to the corresponding AC flux induced in the magnetic core. The value of AC and DC current resistance (the conductor resistance) increases with temperature, thus the power loss associated with conductor resistance increases with temperature. The loss associated with the magnetic core is all due to AC excitation. The core loss decreases with increasing temperature up to a temperature typically referred to as the core loss minima temperature, above which point this loss begins to increase. The minima temperature and magnitude of loss is dependent on the magnetic material type and grade. Most ferrites exhibit sharp minima temperatures, while powder alloys do not. These considerations must be taken into account when applying temperature rise currents to applications with high operating temperatures and a non-trivial amount of AC power loss in addition to DC power loss. The overall total loss at any given temperature may be dominated by DC loss or AC loss dependent on the power loss distribution at room temperature as well as the variation of each of these power losses with temperature.

NOTE 2 Regarding DC temperature rise limited currents at high temperatures, the variation in DC temperature rise limited current with ambient temperature variation can be predicted. Moreover, measurement of DC temperature rise limited currents at elevated temperatures is generally not practical. Therefore, the measurement at room temperature as provided by this standard is generally applied.

6.3 Measurement jig

The measurement jig shall be either printed-wiring board method given in 6.3.1 or lead wire method given in 6.3.2, and shall be specified in the detail specification.

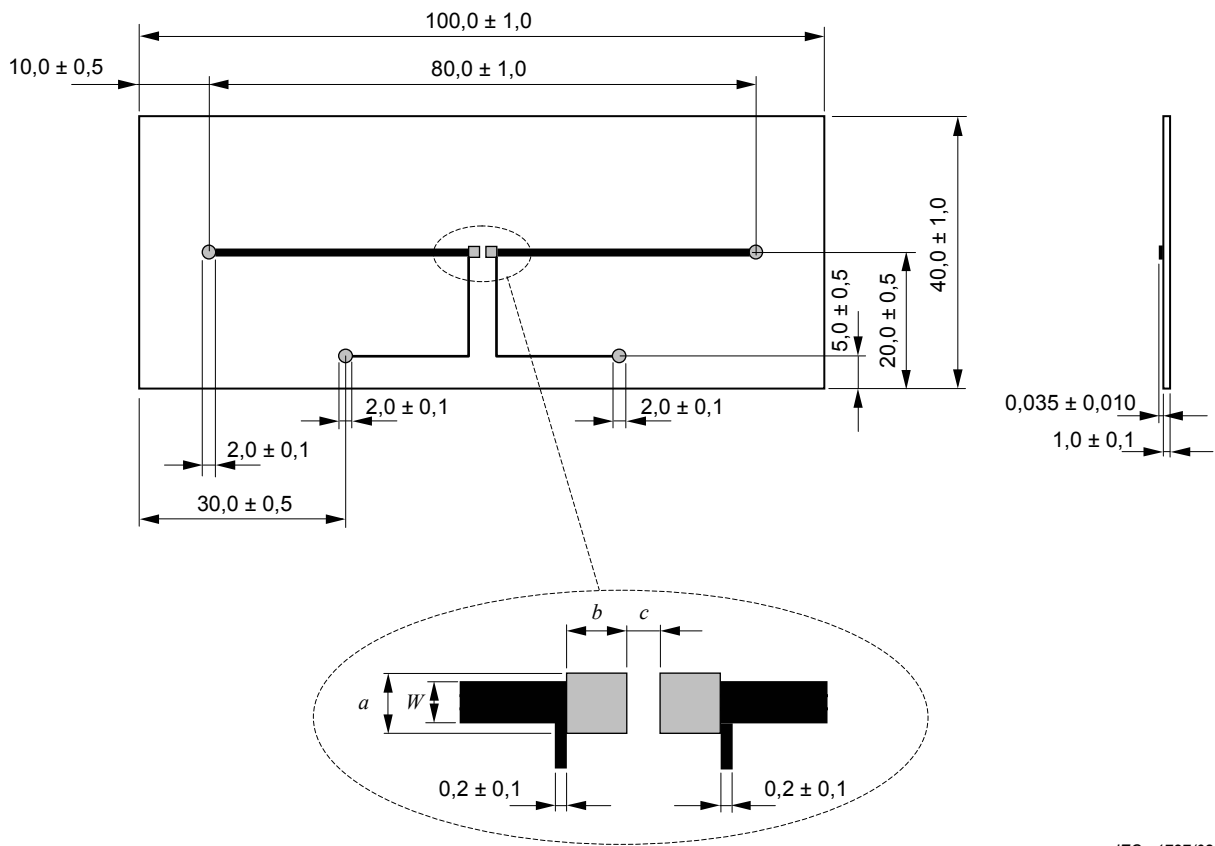
6.3.1 Printed-wiring board method

Printed-wiring board shall be made of epoxide woven glass (FR4). Unless otherwise specified in the detail specification, the dimensions shall be as shown in Table 1 and Figure 2.

Table 1 – Width of circuits

Rated current of inductor I A	Pattern width ^a W mm
$I \leq 1$	$1,0 \pm 0,2$
$1 < I \leq 2$	$2,0 \pm 0,2$
$2 < I \leq 3$	$3,0 \pm 0,3$
$3 < I \leq 5$	$5,0 \pm 0,3$
$5 < I \leq 7$	$7,0 \pm 0,5$
$7 < I \leq 11$	$11,0 \pm 0,5$
$11 < I \leq 16$	$16,0 \pm 0,5$
$16 < I \leq 22$	$22,0 \pm 0,5$
$22 < I$	According to the detail specification
^a See Figure 2.	

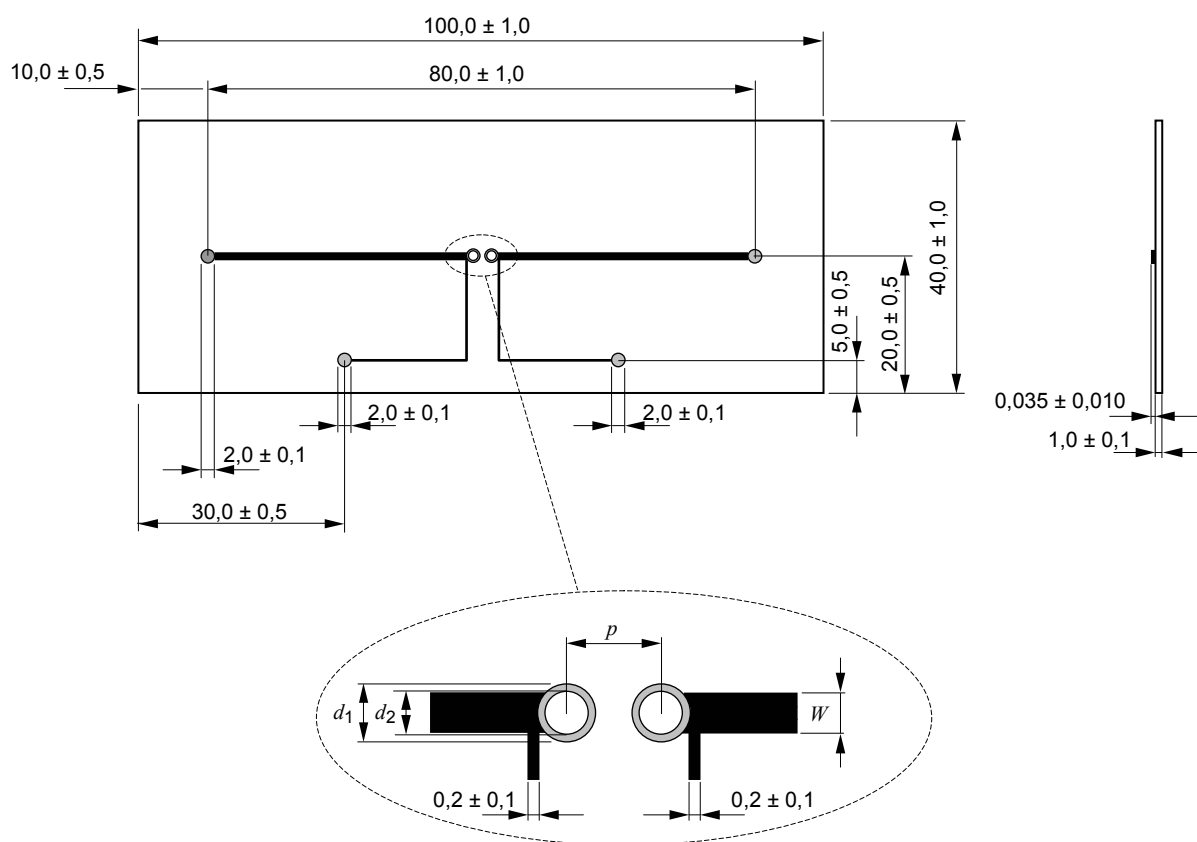
Dimension in millimetres



IEC 1727/08

Figure 2a) – Example of printed-wiring board for SMD type

Dimension in millimetres



IEC 1728/08

Figure 2b) – Example of printed-wiring board for leaded type

Key

 solderable areas

 non-solderable areas (covered with non-solderable lacquer)

NOTE 1 a , b , c , d_1 , d_2 and p : according to the detail specification.

NOTE 2 Materials of substrate: epoxide woven glass (FR4).

NOTE 3 Materials of pattern: copper.

NOTE 4 Thickness of pattern: 0,035 mm $\pm$ 0,010 mm.

NOTE 5 Pattern width (W): see Table 1.

Figure 2 – Example of printed-wiring boards

6.3.2 Lead wire method

Unless otherwise specified in the detail specification, the wire diameter of lead wire to connect the inductor and the measurement circuit shall be in accordance with Table 2.

Table 2 – Wire size of circuits

Rated current of inductors I A	Wire size	
	mm	AWG (for reference)
$I \leq 3$	0,50 ± 0,05	24
$3 < I \leq 5$	0,65 ± 0,05	22
$5 < I \leq 11$	0,8 ± 0,1	20
$11 < I \leq 16$	1,0 ± 0,1	18
$16 < I \leq 22$	1,3 ± 0,1	16
$22 < I$	According to the detail specification	
NOTE 1 The wire size refers to MIL standard (MIL-PRF-15733).		
NOTE 2 AWG is a wire diameter number of American Wire Gauge.		

6.4 Measuring method and calculation

Measuring method shall be either the resistance substitution method of 6.4.1 or the thermocouple method of 6.4.2, and shall be specified in the detail specification.

6.4.1 Resistance substitution method

- a) The specimen shall be connected to the circuit shown in Figure 3, by using the measurement jig specified in 6.3.

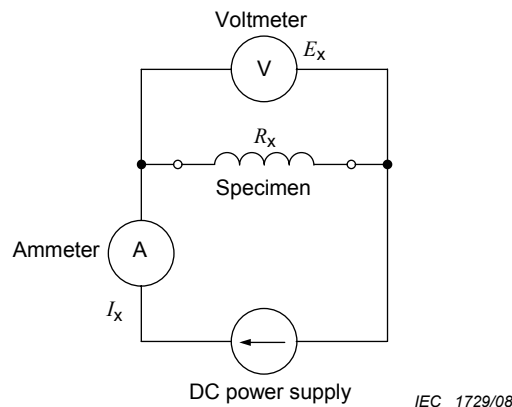


Figure 3 – Temperature rise measurement circuit by resistance substitution method

- b) When the specimen is connected by soldering, it shall be left until it becomes cool enough.
- c) The specimen should be measured inside a cubic box of roughly 20 cm on each side to prevent temperature change from air flow. The box may have some vents in the top to prevent trapping heat inside.

The specimen shall be measured on the condition that it does not contact directly to the test board. When it is measured by mounting on the printed-wiring board, the printed-circuit board on which the specimen is mounted shall not contact directly to the test board.

- d) The resistance value of the specimen and ambient temperature t_{a1} shall be measured before DC current is supplied.
- e) DC current shall be supplied to the specimen from a direct power supply. After the DC voltage value of the specimen becomes steady, DC current value I_x and DC voltage value E_x shall be measured by the ammeter and the voltmeter, and also ambient temperature t_{a2} shall be measured. Then the resistance value R_x shall be calculated by the following formula.

$$R_x = \frac{E_x}{I_x}$$

where

I_x is the DC current value;

E_x is the DC voltage;

R_x is the resistance of the specimen.

- f) The temperature rise value t of the specimen shall be calculated by the following formula, by using the resistivity coefficient of the metal and the resistance of the specimen. $|t_{a1} - t_{a2}|$ shall be 5 °C or less.

$$t = t_2 - t_{a2} = \left(\frac{R_2 - R_1}{R_1} \right) (C + t_{a1}) + t_{a1} - t_{a2}$$

where

t is the temperature rise value (°C);

t_2 is the temperature of the specimen when DC current is supplied (°C);

t_{a1} is the initial ambient temperature (°C);

t_{a2} is the ambient temperature when DC current is supplied (°C);

R_1 is the resistance of winding at temperature $t_1 = t_{a1}$ (Ω);

R_2 is the resistance of winding at temperature t_2 (Ω);

C is a material constant. C for copper = 234,5.

- g) The value of the supplied DC current shall be modulated and the temperature rise value shall be measured.
- h) Temperature rise limited current shall be determined by measuring DC current when the temperature rise value becomes the specified value in the detail specification.
- i) The temperature rise value that is specified in the detail specification should be 20 °C or 40 °C.

6.4.2 Thermo-couple method

- a) The specimen shall be connected to the circuit shown in Figure 4, by using the measurement jig specified in 6.3.

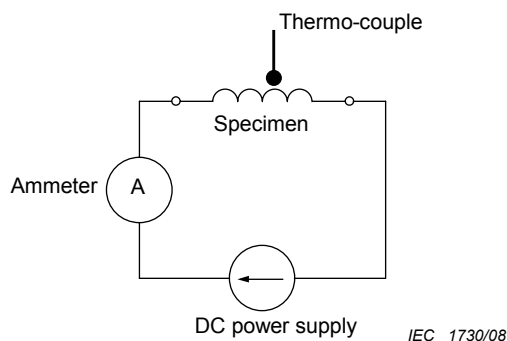


Figure 4 – Temperature rise measurement circuit by thermo-couple method

- b) When the specimen is connected by soldering, it shall be left until it becomes cool enough.
- c) The specimen should be measured inside a cubic box of roughly 20 cm on each side to prevent temperature change from air flow. The box may have some vents in the top to prevent trapping heat inside.

The specimen shall be measured on the condition that it does not contact directly to the test board. When it is measured by mounting on the printed-wiring board, the printed-wiring board on which the specimen is mounted shall not contact directly to the test board.

- d) Consideration shall be given to the correct measurement position of the thermo-couple for the temperature measurement. It should be placed at the location where the maximum temperature of the inductor will occur. The best location may be direct contact at the surface of the specimen, or within the coil by placing the thermo-couple inside, or under the coil by positioning it prior to winding.

The measurement position shall be specified in the detail specification.

- e) Temperature of the specimen t_1 and ambient temperature t_{a1} shall be measured before DC current is supplied.
- f) DC current shall be supplied to the specimen from a DC power supply. After the temperature of the specimen becomes steady, temperature of the specimen t_2 and ambient temperature t_{a2} shall be measured again.
- g) The value of the supplied DC current shall be modulated and the temperature rise value shall be calculated by the following formula.

$$t = (t_2 - t_{a2}) - (t_1 - t_{a1})$$

where

t is the temperature rise value (°C);

t_1 is the initial temperature of the specimen (°C);

t_2 is the temperature of the specimen when DC current is supplied (°C);

t_{a1} is the initial ambient temperature (°C);

t_{a2} is the ambient temperature when DC current is supplied (°C).

- h) Temperature rise limited current shall be determined by measuring DC current when the temperature rise value becomes the specified value in the detail specification.
- i) The temperature rise value that is specified in the detail specification should be 20 °C or 40 °C.

6.5 Quality conformance inspection

The DC current specified in the detail specification shall be supplied to a specimen in accordance with the methods specified in 6.3 to 6.4, and then the temperature rise value shall be measured.

The temperature rise value of the specimen shall be within the specified value.

7 Determination of rated current

For any inductor that is given a current rating, a DC saturation limited current value or a temperature rise limited current value, whichever is less, defined and measured as shown in this standard, shall be adopted as the rated current.

8 Information to be given in the detail specification

The following information shall be given in the detail specification.

8.1 Measuring method of DC saturation limited current

- a) Frequency f_s and voltage E_s (see 5.3 b), 5.5 d)).
- b) Attachment jig (see 5.4).
- c) The allowable decrease in inductance (see 5.5 f)).

d) DC saturation limited current (see 5.6).

8.2 Measuring method of temperature rise limited current

a) Measurement jig (see 6.3).

b) Measuring method (see 6.4).

c) Temperature rise value (see 6.4.1 h), 6.4.2 h)).

d) Measurement position (if thermo-couple method applied) (see 6.4.2 d)).

e) Temperature rise limited current (see 6.5).

Annex A (informative)

Example of recommended description on product specification sheets and catalogues

Both the DC saturation limited current value and the temperature rise limited current value should be described on product specification sheets and catalogues.

It should be specified whether the DC saturation limited current value is determined when the allowable decrease in inductance value is at 10 % or 30 %.

Sharp saturation is defined as inductance that decreases by more than 8 % for a 10 % increase in bias current, measured where bias current has already reduced the inductance by 30 % compared with the unbiased inductance. Soft saturation is defined as inductance that decreases by less than 8 % for a 10 % increase in bias current, measured where bias current has already reduced the inductance by 30 % compared with the unbiased inductance.

Sharp saturating inductors have a steep drop in inductance beyond an inflection point, and therefore they are specified and designed to operate at load currents that are less than the current at the inflection point. 10 % is used for a standard specification point because it is a typical design point. Other values, such as 20 % or 30 %, may be used by mutual agreement between manufacture and user.

Soft saturating inductors have a continual and gradual drop in inductance, without a well-defined inflection point, and therefore they are specified and designed to operate at load currents that typically push inductance down by 20 % to 50 %, or even more as the application allows. 30 % is used for a standard specification point because it is a typical design point (but not necessarily a requisite design point). Other values, such as 20 % or 50 %, may be used by mutual agreement between manufacture and user.

It should be specified whether the temperature rise limited current value is determined when the temperature rise of the inductor is at 20 °C or 40 °C.

When the definition called a rated current is used, it should be the lower one of the DC saturation limited current value and the temperature rise limited current value.

NOTE Unless otherwise specified in the detail specification, operating temperature is ambient temperature plus temperature rise of inductors.

SOMMAIRE

AVANT PROPOS	19
1 Domaine d'application	21
2 Références normatives	21
3 Termes et définitions	21
4 Conditions atmosphériques normales	22
4.1 Conditions atmosphériques normales pour les essais	22
4.2 Conditions de référence	22
5 Méthode de mesure du courant continu limité en saturation	22
5.1 Généralité	22
5.2 Conditions d'essais	22
5.3 Circuit de mesure et calcul	23
5.4 Gabarit de fixation de la bobine d'induction	24
5.5 Méthode de mesure	24
5.6 Contrôle de conformité de la qualité	24
6 Méthode de mesure du courant limité en échauffement	24
6.1 Généralité	24
6.2 Conditions d'essais	25
6.3 Gabarit de mesure	25
6.3.1 Méthode de la carte à circuit imprimé	25
6.3.2 Méthode du fil de sortie	28
6.4 Méthode de mesure et calcul	29
6.4.1 Méthode par substitution de résistance	29
6.4.2 Méthode du couple thermoélectrique	30
6.5 Contrôle de conformité de la qualité	32
7 Détermination du courant assigné	32
8 Informations devant figurées dans la spécification particulière	32
8.1 Méthode de mesure du courant continu limité en saturation	32
8.2 Méthode de mesure du courant limité en échauffement	32
Annexe A (informative) Exemple de description recommandée dans les fiches de spécification produits et les catalogues	33
Figure 1 – Circuit de mesure de l'inductance sous application de la condition de saturation en courant continu	23
Figure 2a) – Exemple de carte à circuit imprimé pour type de composant à montage en surface (CMS)	27
Figure 2b) – Exemple de carte à circuit imprimé pour type de composant à sortie	28
Figure 2 – Exemple de cartes à circuits imprimés	28
Figure 3 – Circuit de mesure de l'échauffement utilisant la méthode par substitution de résistance	29
Figure 4 – Circuit de mesure de l'échauffement utilisant la méthode du couple thermoélectrique	31
Tableau 1 – Largeur des circuits	25
Tableau 2 – Taille du fil des circuits	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**COMPOSANTS INDUCTIFS À HAUTE FRÉQUENCE –
CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES ET MÉTHODES DE MESURE –****Partie 2: Courant assigné des bobines d'induction pour
des convertisseurs continu-continu**

AVANT PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) 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) 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les publications CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et elles 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'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 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 CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62024-2 a été établie par le comité d'études 51 de la CEI: Composants magnétiques et ferrites.

La présente version bilingue, publiée en 2009-02, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 51/937/FDIS et 51/941/RVD.

Le rapport de vote 51/941/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62024, présentées sous le titre général *Composants inductifs à haute fréquence – Caractéristiques électriques et méthodes de mesure*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

COMPOSANTS INDUCTIFS À HAUTE FRÉQUENCE – CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES ET MÉTHODES DE MESURE –

Partie 2: Courant assigné des bobines d'induction pour des convertisseurs continu-continu

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62024 spécifie les méthodes de mesure des limites de courant continu assigné pour de petites bobines d'induction.

Les méthodes de mesure normalisées pour la détermination des valeurs nominales permettent aux utilisateurs de comparer précisément les valeurs nominales courantes figurant dans les différents recueils de données fabricants.

La présente norme s'applique aux bobines d'induction à sorties et pour montage en surface dont les dimensions sont conformes à la CEI 62025-1 et dont généralement le courant assigné est inférieur à 22 A, même si des bobines d'induction de courant assigné supérieur à 22 A sont disponibles et s'intègrent dans les restrictions de dimensions de cette norme (empreinte ne dépassant pas 12 mm x 12 mm, approximativement). Ces bobines d'induction sont typiquement utilisées dans des convertisseurs continu-continu montés sur des cartes à circuit imprimé (CCI), pour des matériels électriques et de télécommunications, ainsi que pour des unités d'alimentation de puissance de commutation de petite taille.

Les méthodes de mesure sont définies par les limites de saturation et d'échauffement induites uniquement par le courant continu.

2 Références normatives

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

CEI 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et guide*

CEI 62025-1, *Composants inductifs à haute fréquence – Caractéristiques non électriques et méthodes de mesure – Partie 1: Inductances fixes pour montage en surface utilisés dans les matériels électroniques et les équipements de télécommunications* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

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

3.1

courant continu limité en saturation

valeur admissible de courant continu pour lequel la diminution de l'inductance se situe dans les limites de la valeur spécifiée

3.2

courant limité en échauffement

valeur admissible de courant continu pour lequel la chaleur en autoproduction de la bobine d'induction donne lieu à un échauffement dans les limites de la valeur spécifiée

4 Conditions atmosphériques normales

4.1 Conditions atmosphériques normales pour les essais

Les conditions atmosphériques normales pour les essais doivent être les suivantes (voir 5.3.1 de la CEI 60068-1):

- température: 15 °C à 35 °C;
- humidité relative: 25 % à 75 %;
- pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa.

En cas de litige ou si nécessaire, les mesures doivent être répétées en utilisant les températures de référence et les autres conditions données en 4.2.

4.2 Conditions de référence

A titre de référence, une des conditions atmosphériques normales pour les essais de référence issus du 5.2 de la CEI 60068-1 doit être sélectionnée et doit correspondre à ce qui suit:

- température: 20 °C $\pm$ 2 °C;
- humidité relative: 60 % à 70 %;
- pression atmosphérique: 86 kPa à 106 kPa.

5 Méthode de mesure du courant continu limité en saturation

5.1 Généralités

Lorsque le courant alternatif sur lequel est superposé le courant continu alimente une bobine d'induction, l'inductance de la bobine d'induction diminue selon la valeur du courant continu.

Dans une application typique, le courant de saturation résulte du courant de crête de la superposition du courant alternatif sur le courant continu. Dans cette norme, le courant de saturation est mesuré comme un courant continu compensant un courant alternatif de faible signal.

NOTE Il n'est pas pratique d'établir une norme pour le courant alternatif limité en saturation, car il existe un nombre infini de manières différentes pour appliquer un courant alternatif dans une application. De ce fait, les fabricants et les utilisateurs ont généralement défini un courant continu limité en saturation comme point commun de référence. La présente norme fait de même.

5.2 Conditions d'essais

Sauf spécification contraire dans la spécification particulière, les conditions d'essai doivent être conformes à l'Article 4.

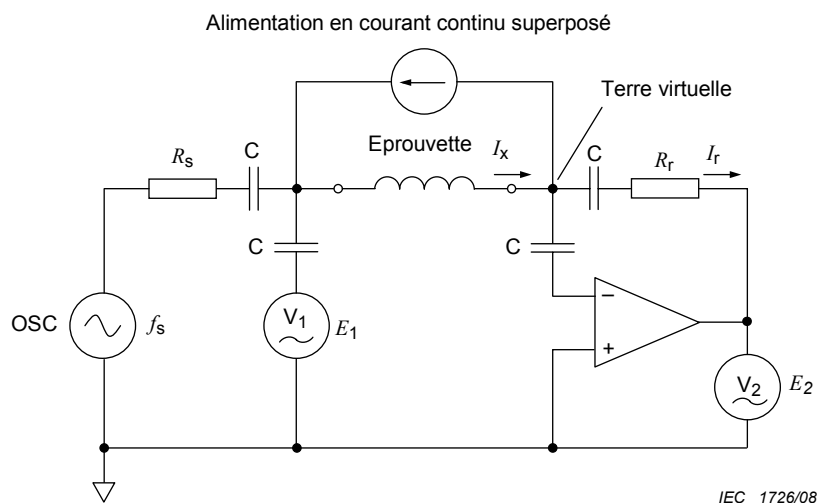
NOTE La variation de la valeur du courant continu limité en saturation, en fonction de la température, dépend du matériau magnétique et de la structure du noyau magnétique de la bobine d'induction. Cependant, la mesure des courants continus de saturation à températures élevées n'est généralement pas pratique dans le cadre des examens. De ce fait, la mesure à température ambiante telle que fournie par la présente norme est généralement appliquée à des fins de spécifications. Des courbes du taux de réduction indiquant la variation du courant continu limité en saturation en fonction de la température de fonctionnement maximale de la bobine d'induction peuvent être générées. Ces courbes peuvent être utilisées en vue d'une corrélation entre le courant continu limité en saturation à température ambiante et le courant continu limité en saturation à des températures de fonctionnement

typiques. Dans certains cas, il deviendra nécessaire pour le fabricant et l'utilisateur de convenir d'une spécification supplémentaire pour des températures élevées telles que 85 °C, 105 °C ou 125 °C.

5.3 Circuit de mesure et calcul

a) Circuit de mesure

Le circuit de mesure est illustré à la Figure 1.



Composants

R_s	résistance de source $R = R_s$
R_r	gamme de résistance $R = R_r$
V_1	voltmètre $V_1 = E_1$
V_2	voltmètre $V_2 = E_2$
C	condensateur de blocage à courant continu

Alimentations

f_s	fréquence de la source
I_r	courant fourni à la gamme de résistance
I_x	courant fourni à l'éprouvette
$I_x = I_r$	

Figure 1 – Circuit de mesure de l'inductance sous application de la condition de saturation en courant continu

b) Calcul

Les tensions E_1 et E_2 doivent être mesurées lorsque la fréquence f_s et la tension E_s du générateur de signal sont fournies conformément à la spécification particulière, et une valeur initiale de l'inductance doit être calculée à l'aide des formules suivantes.

$$Z_x = \frac{E_1}{I_r} = \frac{-E_1}{E_2} R_r$$

$$Z_x = |Z_x| \cos \theta + j |Z_x| \sin \theta$$

$$Z_x = R_x + jX_x$$

$$L_x = \frac{X_x}{\omega} = \frac{X_x}{2\pi f_s}$$

où

R_x est la résistance de l'éprouvette;

X_x est la réactance de l'éprouvette;

Z_x est l'impédance de l'éprouvette;

L_x est l'inductance série équivalente de l'éprouvette;

E_1 est la tension appliquée à l'éprouvette;

E_2 est la tension appliquée à la gamme de résistance ($= I_r R_r$) (E_2 peut être considérée comme le courant);

θ est la différence d'angle de phase entre E_1 et E_2 .

5.4 Gabarit de fixation de la bobine d'induction

Le gabarit de fixation de l'éprouvette doit être spécifié dans la spécification particulière.

5.5 Méthode de mesure

- a) Une petite compensation doit être effectuée avant la mesure.
- b) L'éprouvette doit être connectée au circuit illustré à la Figure 1, en utilisant le gabarit de fixation spécifié en 5.4.
- c) Lorsque l'éprouvette est connectée par brasage, on doit la laisser telle quelle jusqu'à ce qu'elle ait suffisamment refroidi.
- d) Les tensions E_1 et E_2 doivent être mesurées lorsque la fréquence f_s et la tension E_s du générateur de signal sont fournies conformément à la spécification particulière, et une valeur initiale de l'inductance doit être calculée à l'aide des formules de 5.3 b).
- e) La valeur du courant continu qui est superposé à l'éprouvette doit être modulée et la valeur de l'inductance doit être mesurée.
- f) La diminution par rapport à la valeur initiale de l'inductance doit être calculée. Le courant continu limité en saturation doit être déterminé en mesurant le courant continu lorsque la diminution de l'inductance correspond à la valeur spécifiée dans la spécification particulière.
- g) Il convient que la diminution d'inductance qui est spécifiée dans la spécification particulière soit de 10 % ou de 30 %.

NOTE 10 % correspondent à un des points de conception typiques pour les bobines d'induction à saturation marquée, et 30 % correspondent à un des points de conception typiques pour les bobines d'induction à saturation faible. Voir Annexe A.

5.6 Contrôle de conformité de la qualité

Le courant continu spécifié dans la spécification particulière doit être fourni à une éprouvette conformément aux méthodes spécifiées de 5.3 à 5.5, et ensuite l'inductance doit être mesurée. La diminution de l'inductance doit se situer dans les limites de la valeur spécifiée.

6 Méthode de mesure du courant limité en échauffement

6.1 Généralités

Lorsque le courant continu est fourni à une bobine d'induction, la bobine d'induction génère d'elle-même de la chaleur selon la valeur de courant continu fourni du fait de sa résistance au courant continu.

NOTE 1 L'échauffement résulte de l'auto-échauffement de la bobine d'induction. Les sources de chauffage correspondent à des pertes du cuivre en courant continu, des pertes du cuivre en courant alternatif et des pertes

du noyau en courant alternatif. La présente norme définit uniquement l'échauffement induit par des courants continus. Dans des applications spécifiques, il est nécessaire de prendre en compte les pertes du cuivre en courant alternatif et les pertes du noyau en courant alternatif pour l'échauffement. Les pertes en courant alternatif sont considérablement affectées par la forme d'onde, l'amplitude et la fréquence.

NOTE 2 Il n'est pas pratique d'établir une norme pour le courant alternatif limité en échauffement, car il existe un nombre infini de manières différentes pour appliquer un courant alternatif dans une application. Dans les convertisseurs continus-continus, la perte en courant alternatif est souvent bien plus faible que la perte en courant continu. De ce fait, les fabricants et les utilisateurs ont généralement défini un courant continu limité en échauffement comme point commun de référence. La présente norme fait de même.

6.2 Conditions d'essais

Sauf spécification contraire dans la spécification particulière, les conditions d'essai doivent être conformes à l'Article 4.

Etant donné que la valeur de la résistance en courant continu augmente en fonction de la température, certaines applications nécessitent une température ambiante élevée, telle que 85 °C, 105 °C ou 125 °C pour l'essai d'échauffement.

NOTE 1 La perte de puissance globale d'une bobine d'induction est une combinaison de perte de puissance en courant continu due à la résistance en courant continu, ainsi que de perte de puissance en courant alternatif due au courant alternatif dans les enroulements et de pertes dues au flux alternatif correspondant induit dans le noyau magnétique. La valeur de la résistance en courants alternatif et continu (la résistance du conducteur) augmente avec la température, ainsi la perte de puissance associée à la résistance du conducteur augmente avec la température. La perte associée au noyau magnétique est complètement due à l'excitation en courant alternatif. La perte dans le noyau diminue avec l'augmentation de la température jusqu'à une température typiquement désignée comme la température minimale de perte dans le noyau, au-dessus de laquelle cette perte commence à augmenter. La température et l'amplitude minimales de perte dépendent du type et de la qualité du matériau magnétique. La plupart des ferrites présentent des températures minimales marquées, alors que cela n'est pas le cas pour les alliages de poudre. Il faut prendre en compte ces considérations lorsque l'on applique des courants d'échauffement à des applications qui possèdent de hautes températures de fonctionnement et qui ont des pertes de puissance conséquentes en courant alternatif en plus de la perte de puissance en courant continu. La perte totale à une température donnée quelconque peut être dominée par une perte en courant continu ou en courant alternatif en fonction de la répartition de la perte de puissance à température ambiante ainsi que de la variation de chacune de ces pertes de puissance en fonction de la température.

NOTE 2 Concernant les courants continus limités en échauffement à hautes températures, la variation du courant continu limité en échauffement en fonction de la variation de la température ambiante peut être prédite. De plus, la mesure des courants continus limités en échauffement, à des températures élevées n'est généralement pas pratique. De ce fait, la mesure à température ambiante telle que fournie par la présente norme est généralement appliquée.

6.3 Gabarit de mesure

Le gabarit de mesure doit être soit la méthode de la carte à circuit imprimé donnée en 6.3.1, soit la méthode du fil de sortie donnée en 6.3.2, et il doit être spécifié dans la spécification particulière.

6.3.1 Méthode de la carte à circuit imprimé

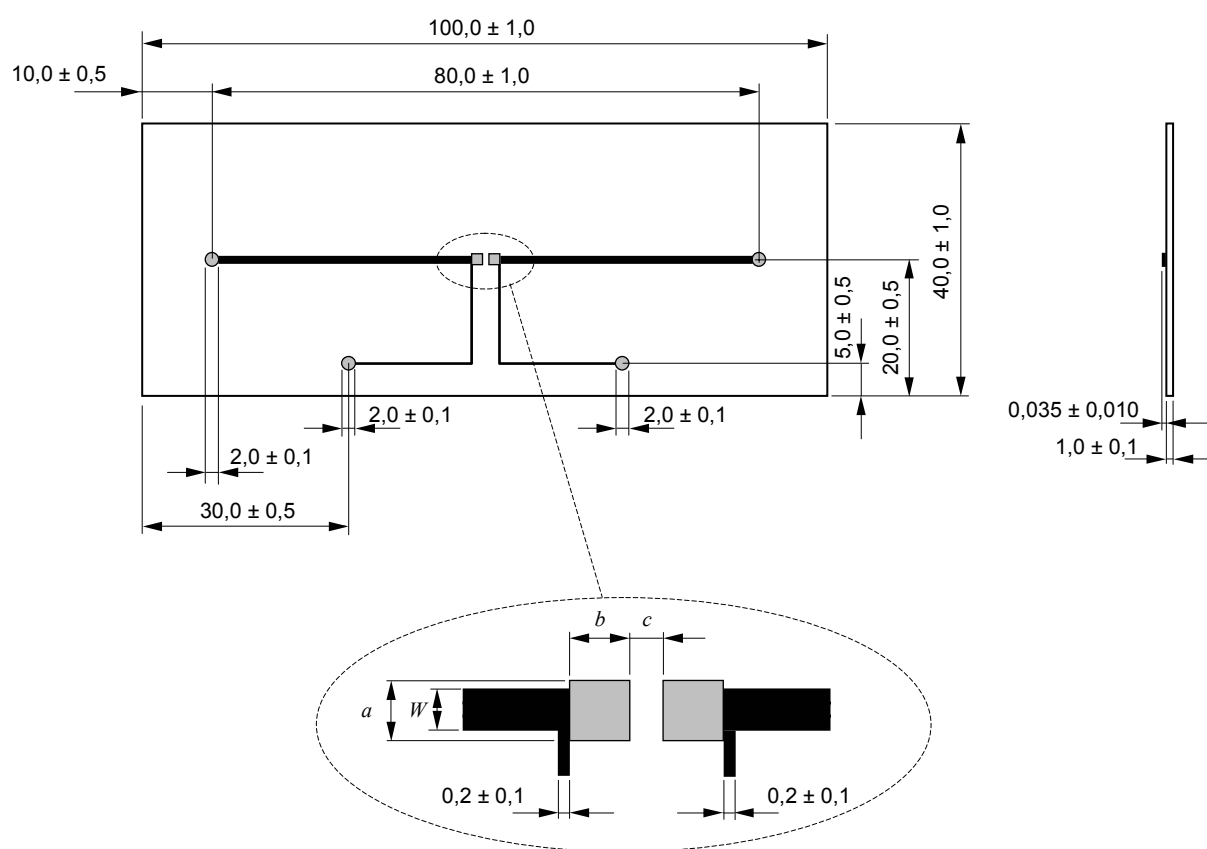
La carte à circuit imprimé doit être constituée de tissu de fibres de verre époxyde (FR4). Sauf spécification contraire dans la spécification particulière, les dimensions doivent être celles qui figurent dans le Tableau 1 et la Figure 2.

Tableau 1 – Largeur des circuits

Courant assigné de la bobine d'induction I A	Largeur d'impression ^a W mm
$I \leq 1$	$1,0 \pm 0,2$
$1 < I \leq 2$	$2,0 \pm 0,2$
$2 < I \leq 3$	$3,0 \pm 0,3$
$3 < I \leq 5$	$5,0 \pm 0,3$

Courant assigné de la bobine d'induction I A	Largeur d'impression ^a W mm
$5 < I \leq 7$	$7,0 \pm 0,5$
$7 < I \leq 11$	$11,0 \pm 0,5$
$11 < I \leq 16$	$16,0 \pm 0,5$
$16 < I \leq 22$	$22,0 \pm 0,5$
$22 < I$	Conformément à la spécification particulière
^a Voir Figure 2.	

Dimensions en millimètres



IEC 1727/08

Figure 2a) – Exemple de carte à circuit imprimé pour type de composant à montage en surface (CMS)

Tableau 2 – Taille du fil des circuits

Courant assigné des bobines d'induction I A	Taille du fil	
	mm	AWG (pour référence)
$I \leq 3$	0,50 ± 0,05	24
$3 < I \leq 5$	0,65 ± 0,05	22
$5 < I \leq 11$	0,8 ± 0,1	20
$11 < I \leq 16$	1,0 ± 0,1	18
$16 < I \leq 22$	1,3 ± 0,1	16
$22 < I$	Conformément à la spécification particulière	
NOTE 1 La taille du fil se réfère à la norme MIL (MIL-PRF-15733).		
NOTE 2 AWG correspond à un diamètre de fil de l'« American Wire Gauge ».		

6.4 Méthode de mesure et calcul

La méthode de mesure doit être soit la méthode par substitution de résistance de 6.4.1 soit la méthode du couple thermoélectrique de 6.4.2, et elle doit être spécifiée dans la spécification particulière.

6.4.1 Méthode par substitution de résistance

- a) L'éprouvette doit être connectée au circuit illustré à la Figure 3, en utilisant le gabarit de mesure spécifié en 6.3.

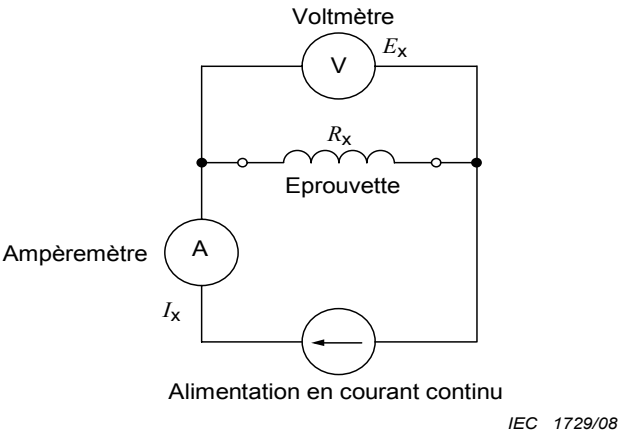


Figure 3 – Circuit de mesure de l'échauffement utilisant la méthode par substitution de résistance

- b) Lorsque l'éprouvette est connectée par brasage, on doit la laisser telle quelle jusqu'à ce qu'elle ait suffisamment refroidi.
- c) Il convient de mesurer l'éprouvette à l'intérieur d'une boîte cubique d'environ 20 cm de côté pour empêcher une variation de température due à la circulation de l'air. La boîte peut comporter des événements au niveau supérieur pour empêcher la rétention de chaleur à l'intérieur.
- L'éprouvette doit être mesurée à condition qu'elle ne soit pas en contact direct avec la carte d'essai. Lorsqu'elle est mesurée en la montant sur la carte à circuit imprimé, ladite carte sur laquelle est montée l'éprouvette ne doit pas être en contact direct avec la carte d'essai.
- d) La valeur de la résistance de l'éprouvette et la température ambiante t_{a1} doivent être mesurées avant que ne soit fourni le courant continu.

- e) Le courant continu doit être fourni à l'éprouvette via une alimentation électrique directe. Une fois que la valeur de la tension continue de l'éprouvette est devenue stable, la valeur du courant continu I_x et la valeur de la tension continue E_x doivent être mesurées à l'aide d'un ampèremètre et d'un voltmètre, et de même la température ambiante t_{a2} doit être mesurée. Ensuite la valeur R_x de la résistance doit être calculée en utilisant la formule suivante.

$$R_x = \frac{E_x}{I_x}$$

où

I_x est la valeur du courant continu;

E_x est la tension continue;

R_x est la résistance de l'éprouvette;

- f) La valeur t de l'échauffement de l'éprouvette doit être calculée selon la formule suivante, en utilisant le coefficient de résistivité du métal et de la résistance de l'éprouvette. $|t_{a1} - t_{a2}|$ doit être de 5 °C ou moins.

$$t = t_2 - t_{a2} = \left(\frac{R_2 - R_1}{R_1} \right) (C + t_{a1}) + t_{a1} - t_{a2}$$

où

t est la valeur de l'échauffement (°C);

t_2 est la température de l'éprouvette lorsque le courant continu est appliqué (°C);

t_{a1} est la température ambiante initiale (°C);

t_{a2} est la température ambiante lorsque le courant continu est appliqué (°C);

R_1 est la résistance de l'enroulement à la température $t_1 = t_{a1}$ (Ω);

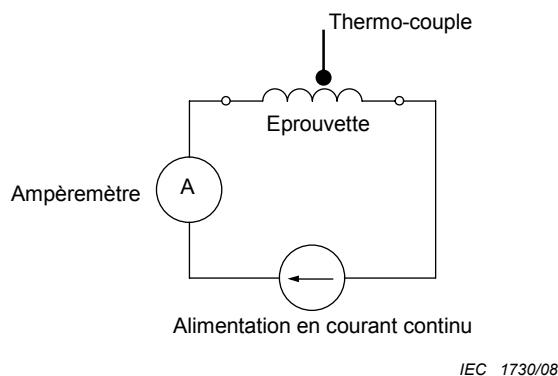
R_2 est la résistance de l'enroulement à la température t_2 (Ω);

C est une constante de matériau. Pour le cuivre $C = 234,5$.

- g) La valeur du courant continu fourni doit être modulée et la valeur de l'échauffement doit être mesurée.
- h) Le courant limité en échauffement doit être déterminé en mesurant le courant continu lorsque la valeur de l'échauffement devient la valeur spécifiée dans la spécification particulière.
- i) Il convient que la valeur de l'échauffement qui est spécifiée dans la spécification particulière soit de 20 °C ou de 40 °C.

6.4.2 Méthode du couple thermoélectrique

- a) L'éprouvette doit être connectée au circuit illustré à la Figure 4, en utilisant le gabarit de mesure spécifié en 6.3.



IEC 1730/08

Figure 4 – Circuit de mesure de l'échauffement utilisant la méthode du couple thermoélectrique

- b) Lorsque l'éprouvette est connectée par brasage, on doit la laisser telle quelle jusqu'à ce qu'elle ait suffisamment refroidi.
- c) Il convient de mesurer l'éprouvette à l'intérieur d'une boîte cubique d'environ 20 cm de côté pour empêcher une variation de température due à la circulation de l'air. La boîte peut comporter des événements au niveau supérieur pour empêcher la rétention de chaleur à l'intérieur.

L'éprouvette doit être mesurée à condition qu'elle ne soit pas en contact direct avec la carte d'essai. Lorsqu'elle est mesurée en la montant sur la carte à circuit imprimé, ladite carte sur laquelle est montée l'éprouvette ne doit pas être en contact direct avec la carte d'essai.

- d) On doit prendre en considération la position correcte de mesure du couple thermoélectrique pour la mesure de la température. Il convient de la disposer à l'emplacement où la température maximale de la bobine d'induction se produira. Le meilleur emplacement peut être un contact direct à la surface de l'éprouvette, ou à l'intérieur de la bobine en plaçant le couple thermoélectrique à l'intérieur, ou sous la bobine en le positionnant avant l'enroulement.

La position de mesure doit être indiquée dans la spécification particulière.

- e) La température t_1 de l'éprouvette et la température ambiante t_{a1} doivent être mesurées avant que ne soit appliqué le courant continu.
- f) Le courant continu doit être fourni à l'éprouvette via une alimentation électrique continue. Une fois que la température de l'éprouvette est devenue stable, la température t_2 de l'éprouvette et la température ambiante t_{a2} doivent être de nouveau mesurées.
- g) La valeur du courant continu fourni doit être modulée et la valeur de l'échauffement doit être mesurée.

$$t = (t_2 - t_{a2}) - (t_1 - t_{a1})$$

où

t est la valeur de l'échauffement (°C);

t_1 est la température initiale de l'éprouvette (°C);

t_2 est la température de l'éprouvette lorsque le courant continu est appliqué (°C);

t_{a1} est la température ambiante initiale (°C);

t_{a2} est la température ambiante lorsque le courant continu est appliqué (°C).

- h) Le courant limité en échauffement doit être déterminé en mesurant le courant continu lorsque la valeur de l'échauffement devient la valeur spécifiée dans la spécification particulière.
- i) Il convient que la valeur de l'échauffement qui est spécifiée dans la spécification particulière soit de 20 °C ou de 40 °C.

6.5 Contrôle de conformité de la qualité

Le courant continu spécifié dans la spécification particulière doit être appliqué à une éprouvette selon les méthodes spécifiées en 6.3 et 6.4, ensuite la valeur de l'échauffement doit être mesurée.

La valeur de l'échauffement de l'éprouvette doit correspondre à la valeur spécifiée.

7 Détermination du courant assigné

Pour toute bobine d'induction à laquelle est attribuée une caractéristique de courant, une valeur de courant continu limité en saturation ou une valeur de courant limité en échauffement, en choisissant celle des deux qui est inférieure, définie et mesurée comme l'indique cette norme, doit être adoptée en tant que courant assigné.

8 Informations devant figurer dans la spécification particulière

Les informations suivantes doivent figurer dans la spécification particulière.

8.1 Méthode de mesure du courant continu limité en saturation

- a) Fréquence f_s et tension E_s (voir 5.3 b) et 5.5 d)).
- b) Gabarit de fixation (voir 5.4).
- c) La diminution admissible de l'inductance (voir 5.5 f)).
- d) Courant continu limité en saturation (voir 5.6).

8.2 Méthode de mesure du courant limité en échauffement

- a) Gabarit de mesure (voir 6.3).
- b) Méthode de mesure (voir 6.4).
- c) Valeur de l'échauffement (voir 6.4.1 h) et 6.4.2 h)).
- d) Position de mesure (s'il s'agit de l'application de la méthode du couple thermoélectrique) (voir 6.4.2 d)).
- e) Courant limité en échauffement (voir 6.5).

Annexe A (informative)

Exemple de description recommandée dans les fiches de spécification produits et les catalogues

Il convient de décrire aussi bien la valeur du courant continu limité en saturation que la valeur du courant continu limité en échauffement dans les fiches de spécification produits et les catalogues.

Il convient de spécifier si la valeur du courant continu limité en saturation est déterminée lorsque la diminution admissible de la valeur de l'inductance se situe à 10 % ou 30 %.

La saturation marquée est définie comme une inductance qui diminue de plus de 8 % pour une augmentation de 10 % du courant de polarisation, mesuré là où le courant de polarisation a déjà réduit l'inductance de 30 % en comparaison à l'inductance sans polarisation. La saturation faible est définie comme une inductance qui diminue de moins de 8 % pour une augmentation de 10 % du courant de polarisation, mesuré là où le courant de polarisation a déjà réduit l'inductance de 30 % en comparaison à l'inductance sans polarisation.

Les bobines d'induction à saturation marquée connaissent une chute abrupte d'inductance au-delà d'un point d'inflexion, et, de ce fait, elles sont spécifiées et conçues pour fonctionner en courants de charge qui sont inférieurs au courant au niveau du point d'inflexion. 10 % est utilisé comme un point de spécification normale car c'est un point de conception typique. D'autres valeurs, telles que 20 % ou 30 %, peuvent être utilisées par accord mutuel entre le fabricant et l'utilisateur.

Les bobines d'induction à saturation faible connaissent une chute d'inductance continue et progressive, sans point d'inflexion bien défini, et de ce fait, elles sont spécifiées et conçues pour fonctionner en courants de charge qui, de manière typique, font baisser l'inductance de 20 % à 50 %, ou même davantage si l'application le permet. 30 % est utilisé comme un point de spécification normale car c'est un point de conception typique (mais pas nécessairement un point de conception requis). D'autres valeurs, telles que 20 % ou 50 %, peuvent être utilisées par accord mutuel entre le fabricant et l'utilisateur.

Il convient de spécifier si la valeur du courant limité en échauffement est déterminée lorsque l'échauffement de la bobine d'induction se situe à 20 °C ou 40 °C.

Lorsque la définition désignant un courant assigné est utilisée, il convient qu'elle soit la valeur la plus faible entre celle du courant continu limité en saturation et celle du courant limité en échauffement.

NOTE Sauf spécification contraire dans la spécification particulière, la température de fonctionnement correspond à la température ambiante plus l'échauffement des bobines d'induction.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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